

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS DE
SUBCONTRATAR SERVICIOS BIM (BUILDING INFORMATION
MODELING) EN LA ETAPA DE DISEÑO PARA PROYECTOS DE
EDIFICACIONES EN LIMA METROPOLITANA**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

Carlos Andrés Millasaky Avilés

ASESOR: Juan Pablo Delgado Zeppilli

Lima, abril de 2018



Dedico esta tesis a mis padres como parte del agradecimiento que espero seguir demostrándoles en lo que me queda de vida. Gracias a ellos por su dedicación en todos estos años.

Una de las cosas que más valor tiene para mí es el tiempo, por ello tengo un agradecimiento especial a mi Asesor Juan Pablo Delgado por el tiempo dedicado y las lecciones ofrecidas a lo largo de todo este proceso.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis realiza una comparación económica entre cuatro proyectos de edificios para vivienda, dos que han sido gestionados de la manera tradicional contra otros dos que han subcontratado servicios BIM en la etapa de diseño para reducir incompatibilidades.

El grupo de proyectos analizados son de mediana envergadura que cuentan entre cinco a siete pisos superiores y pertenecen a la misma Inmobiliaria. Estos edificios presentan características similares y fueron comparados en base a algunos parámetros. De esta manera se pudo determinar si fue o no conveniente contratar los servicios de estos proveedores BIM y qué tan beneficioso fue.

Asimismo, se muestran comentarios y recomendaciones con respecto a lo que está sucediendo en el Perú como parte del proceso de implementación BIM y qué es lo que los distintos participantes en este proceso perciben en cuanto a los resultados que obtienen. Para ello fue necesario contrastar la teoría encontrada con entrevistas a profesionales que cuentan con experiencias en proyectos donde se utilizó BIM de alguna forma.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : "Cuantificación de los beneficios económicos de subcontratar servicios BIM (Building Information Modeling) en la etapa de diseño para proyectos de edificaciones en Lima Metropolitana"

Área : Construcción y Gestión - Investigación

Asesor : Juan Pablo Delgado Zeppilli

Alumno : CARLOS ANDRES MILLASAKY AVILES

Código : 2012.1370.412

Tema N° : # 302

Fecha : Lima, 27 de marzo de 2018



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el avance de los años se ha tratado de implementar mejoras a los procesos de producción en todos los tipos de industria. Uno de estos avances es el uso de la tecnología digital, la cual, también es una parte importante de la industria de la construcción. Este tipo de tecnologías van actualizándose en gran parte de los proyectos de construcción en los países de primer mundo.

Debido al desconocimiento general de distintos profesionales del sector construcción se puede corroborar que el proceso de implementación de tecnologías BIM por parte de las empresas va lento en el Perú. La mayoría de las empresas utiliza los clásicos programas y sistemas que cuentan con varios años en el mercado, como AutoCAD (para generar planos) y Ms Project (para planificar). Una de las últimas herramientas tecnológicas que se está implementando en el Perú, aunque lentamente, es BIM.

La lentitud y los desafíos en la implementación de esta tecnología van causando escepticismo entre algunos profesionales y empresas que decidieron apostar por BIM. Aunque la mayoría cree que BIM es y será la solución a gran parte de las pérdidas innecesarias en los proyectos de construcción en el Perú, hoy no les resulta rentable a todos los involucrados.

OBJETIVO

Objetivo general

Esta tesis tiene como objetivo principal determinar si subcontratar a una empresa para modelar los planos en 3D fue beneficioso para una inmobiliaria en Lima Metropolitana al reducir las incompatibilidades; así como explorar y dar a conocer la percepción de algunos involucrados representativos de la industria frente a esta etapa de implementación BIM en el Perú.

Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de las incompatibilidades encontradas en los proyectos del caso de estudio.
- Cuantificar los costos de adicionales de los proyectos analizados y determinar las causas de estos.
- Conocer la perspectiva de diferentes tipos de participantes o interesados (stakeholders) sobre el uso de herramientas y metodologías BIM en el Perú.

METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación está dividido de la siguiente manera:

- Marco teórico: El capítulo de marco teórico se realizará con revisión bibliográfica de libros, documentales, reportes, entrevistas, tesis, artículos y páginas de Internet.
- Estado del Arte: Para esta parte de la tesis se revisará los mismos medios bibliográficos del "Marco teórico". Se dará más énfasis a revistas como "Gestión", páginas web del INEI, Banco Central de Reserva y demás fuentes que informen sobre la realidad en el Perú.
- Caso de estudio: Revisión de varios proyectos inmobiliarios de vivienda que hayan usado BIM en la etapa de diseño (subcontratando los servicios) y otros que no lo hayan usado en el Perú. Luego los resultados se compararán entre los distintos proyectos. Además, se entrevistarán a profesionales que hayan utilizado o tenido algún acercamiento con BIM. Estas entrevistas serán esenciales para desarrollar este capítulo.
- Conclusiones: Se expondrá los resultados obtenidos de los análisis hechos en el caso de estudio finalizando con recomendaciones a los proyectos inmobiliarios peruanos para que puedan decidir si usar BIM o no en sus proyectos.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo de tesis realiza una comparación económica entre proyectos de edificios para vivienda que han sido gestionados de la manera tradicional contra los que han subcontratado servicios BIM en la etapa de diseño para reducir incompatibilidades. Los edificios analizados serán de mediana envergadura.

Asimismo, se mostrarán comentarios y recomendaciones con respecto a lo que sucede en el Perú como parte del proceso de implementación BIM y que es lo que los distintos participantes en este proceso están percibiendo como parte de los resultados que obtienen

Máximo: 100 paginas

VB°.....

Dr. Nicola Tarque
Director de Investigación

INDICE

LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	3
2.1. CONCEPTO BIM	3
2.1.1. Modelos 3D, 4D, 5D, 6D	6
2.2. LINEA DE VIDA DEL MODELO BIM	8
2.3. VDC (VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION).....	11
2.4. PROTOCOLOS	15
2.5. INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD).....	16
2.6. EQUILIBRIO DE NASH	18
CAPÍTULO 3: SITUACIÓN ACTUAL.....	21
3.1. LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ.....	21
3.2. BIM EN LA ACTUALIDAD	24
3.2.1. Reino Unido	24
3.2.2. Chile.....	25
3.2.3. Perú.....	26
3.2.3.1. Proyectos que obtuvieron beneficios de aplicar BIM	27
3.2.3.2. Graña y Montero.....	29
3.3. EMPRESAS QUE BRINDAN SERVICIOS BIM	30
CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO	31

4.1.	PRESENTACIÓN DEL CASO	31
4.1.1.	Descripción de la Empresa en mención	31
4.2.	PROYECTOS A ANALIZAR	32
4.2.1.	Proyectos tradicionales	32
4.2.1.1.	Edificio Albamare.....	33
4.2.1.2.	Edificio Arenzano.....	35
4.2.2.	Proyectos BIM.....	37
4.2.2.1.	Edificio Bellini.....	37
4.2.2.2.	Edificio Pisano	46
4.2.3.	Análisis de Proyectos	48
4.2.3.1.	Incompatibilidades Proyecto Bellini	48
4.2.3.2.	Comparativo de los 4 proyectos	51
4.3.	ENTREVISTAS.....	57
4.3.1.	Entrevista a gerente de construcción de una inmobiliaria	57
4.3.2.	Entrevista a socio principal de un estudio de arquitectura	58
4.3.3.	Entrevista a ingeniero de oficina técnica de una contratista.....	60
4.3.4.	Análisis de entrevistas.....	61
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y		
COMENTARIOS.....		64
BIBLIOGRAFÍA		68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dilema del Prisionero.....	19
Tabla 2. Dilema en la forma de Proyecto Colaborativo – IPD	20
Tabla 3. Variación Porcentual del PBI del sector Construcción.....	21
Tabla 4. Beneficio de implementación BIM en Proyecto Mara	28
Tabla 5. Comparación de proyectos tradicionales con proyectos desarrollados con BIM.	28
Tabla 6. Datos de “Edificio Albamare”	34
Tabla 7. Detalle de presupuesto y adicionales “Edificio Albamare”	34
Tabla 8. Costo de Ingeniero Senior	35
Tabla 9. Datos de “Edificio Arenzano”	35
Tabla 10. Detalle de presupuesto y adicionales “Edificio Arenzano”	36
Tabla 11. Costo de Ingeniero Senior	36
Tabla 12. Datos de “Edificio Residencial Bellini”	38
Tabla 13. Detalle de presupuesto y adicionales “Edificio Residencial Bellini”	38
Tabla 14. Reporte de Incompatibilidades del “Edificio Residencial Bellini”..	41
Tabla 15. Costo de Empresa BIM.....	42
Tabla 16. Cantidad de incompatibilidades por escala	44
Tabla 17. Costo de incompatibilidades de escala 2.....	44
Tabla 18. Cantidad de incompatibilidades por cantidad de especialidades.	45
Tabla 19. Cantidad de incompatibilidades por especialidad	46
Tabla 20. Datos de “Edificio Residencial Pisano”	47
Tabla 21. Detalle de presupuesto y adicionales “Edificio Residencial Pisano”	47

Tabla 22. Costo de Empresa BIM..... 48

Tabla 23. Resumen de datos de los 4 edificios analizados 53



LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	Modelo 3D visualizado desde una Tablet	3
Fig. 2	Flujo de información proyectos sin BIM y con BIM	5
Fig. 3	Modelos 3D, 4D, 5D y 6D	7
Fig. 4	Beneficios de BIM durante la vida del proyecto	8
Fig. 5	Sesión ICE de Proyec Inmobiliaria.	13
Fig. 6	Modelo tradicional (plano 2D) vs Modelo VDC (BIM)	14
Fig. 7	Firmas de los 11 integrantes de IPD del proyecto “Sutter Medical Centre at Castro Valley”	17
Fig. 8	Matriz de resultados del jugador A	19
Fig. 9	PBI del sector construcción en millones de soles	21
Fig. 10	Variación Porcentual del PBI del sector Construcción.....	22
Fig. 11	Adicionales respecto al costo directo por tipo de Proyecto en el Perú	27
Fig. 12	Secuencia de trabajo en proyectos tradicionales	33
Fig. 13	Secuencia de trabajo en proyectos BIM	37
Fig. 14	Modelo Revit de “Edificio Residencia Bellini”.....	39
Fig. 15	Tubería de agua choca con viga	40
Fig. 16	Porcentaje de incompatibilidades por escala del 0 al 2	49
Fig. 17	Porcentaje de incompatibilidades por una cantidad específica de especialidades involucradas.	49
Fig. 18	Porcentaje de incompatibilidades por especialidad	50
Fig. 19	Porcentaje del Costo total de adicionales respecto del Presupuesto Contractual de Construcción.....	51
Fig. 20	Porcentaje del Costo total de adicionales respecto del Presupuesto Contractual de Construcción.....	52

Fig. 21 Porcentaje del Costo total por incompatibilidades respecto del Presupuesto Contractual de Construcción..... 54

Fig. 22 Promedio del porcentaje del Costo total por incompatibilidades respecto del Presupuesto Contractual de Construcción 54



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el avance de los años se ha tratado de implementar mejoras a los procesos de producción en todos los tipos de industria. Uno de estos avances es el uso de la tecnología digital, la cual, también es una parte importante de la industria de la construcción. Este tipo de tecnologías van actualizándose en gran parte de los proyectos de construcción en los países de primer mundo.

Debido al desconocimiento general de distintos profesionales del sector construcción se puede corroborar que el proceso de implementación de tecnologías BIM por parte de las empresas va lento en el Perú. La mayoría de las empresas utiliza los clásicos programas y sistemas que cuentan con varios años en el mercado, como AutoCAD (para generar planos) y Ms Project (para planificar). Una de las últimas herramientas tecnológicas que se está implementando en el Perú, aunque lentamente, es BIM.

La lentitud y los desafíos en la implementación de esta tecnología van causando escepticismo entre algunos profesionales y empresas que decidieron apostar por BIM. Aunque la mayoría cree que BIM es y será la solución a gran parte de las pérdidas innecesarias en los proyectos de construcción en el Perú, hoy no les resulta rentable a todos los involucrados.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Esta tesis tiene como objetivo principal determinar si subcontratar a una empresa para modelar los planos en 3D fue beneficioso para una inmobiliaria en Lima Metropolitana al reducir las incompatibilidades; así como explorar y dar a conocer la percepción de algunos involucrados representativos de la industria frente a esta etapa de implementación BIM en el Perú.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de las incompatibilidades encontradas en los proyectos del caso de estudio.
- Cuantificar los costos de adicionales de los proyectos analizados y determinar las causas de estos.
- Conocer la perspectiva de diferentes tipos de participantes o interesados (stakeholders) sobre el uso de herramientas y metodologías BIM en el Perú.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTO BIM

BIM (Building Information Modeling) es una herramienta tecnológica que simula el proyecto de construcción en un entorno virtual, esto lo hace modelando toda la información con la que pueda disponer en una figura tridimensional (Fig. 1). El modelo final es una geometría precisa de la obra y datos que ayudan en las distintas fases del proyecto (Eastman, 2008). Además, BIM no es solo una geometría 3D, es un modelo potente lleno de información, como relación de espacios, información geográfica, cantidades y propiedades de los elementos, estimación de costos, inventario de materiales y cronograma del proyecto (Bazjanac, 2004).



Fig. 1 Modelo 3D visualizado desde una Tablet
Fuente: Walker (2017)

Para explicar un poco más el significado de BIM se realizará un paralelo con un trabajo grupal de universidad.

Una pésima forma de desarrollar un trabajo grupal es repartir las partes entre los integrantes, para que cada uno trabaje de manera aislada. Terminado el plazo, se juntan las partes, una encima de otra y se entrega el trabajo. Ninguno de los involucrados sabe que hizo el otro y su trabajo refleja esa descoordinación.

Algo similar sucede en algunos proyectos de construcción. El encargado de gestionar un proyecto subcontrata un estudio de arquitectura para que realice el diseño arquitectónico, luego lleva ese entregable donde el diseñador estructural y así sucesivamente con las distintas especialidades. Acabado la etapa de diseño el encargado de gestionar el proyecto proporciona todos esos entregables al contratista.

Lo que se quiere llegar a explicar es que en estos casos cada involucrado en el proyecto trabaja aisladamente de los otros (como en el trabajo grupal de la universidad descrito anteriormente) y va superponiendo su trabajo al de los otros. Todo este flujo genera varias consecuencias negativas en el entregable final y en la reducción de los beneficios para los involucrados, ya que se genera sobrecostos.

La solución no es tan fácil como juntar a los involucrados en un salón y decirles que trabajen juntos en la realización del proyecto. Los involucrados, cada uno con distintas especialidades, se mirarán los unos a los otros y no sabrán cómo comunicarse y entenderse.

Parte influyente en el éxito de un proyecto está en la información que se transmite (cómo y qué se transmite). Para ello, las partes interesadas deben trabajar en conjunto, pero es difícil que todos ellos le dediquen el tiempo adecuado para optimizar este flujo de información. Por lo tanto, es necesario utilizar herramientas que ayuden a crear, almacenar, intercambiar y gestionar información entre los interesados (Kumar, 2015).

Es aquí donde un modelo que todos puedan entender y que sirva de nexo entre ellos es necesario. Este modelo, llamado a ser un medio de

comunicación y una base de datos para toda esa información, es el modelo BIM (Fig. 2). Un modelo en proporciones reales, con el cual, nadie tendrá que imaginarse lo que dijo la otra persona. Es claro que en AutoCAD también se puede desarrollar un trabajo colaborativo, pero lo que ofrece BIM es mucho más potente para estos fines.

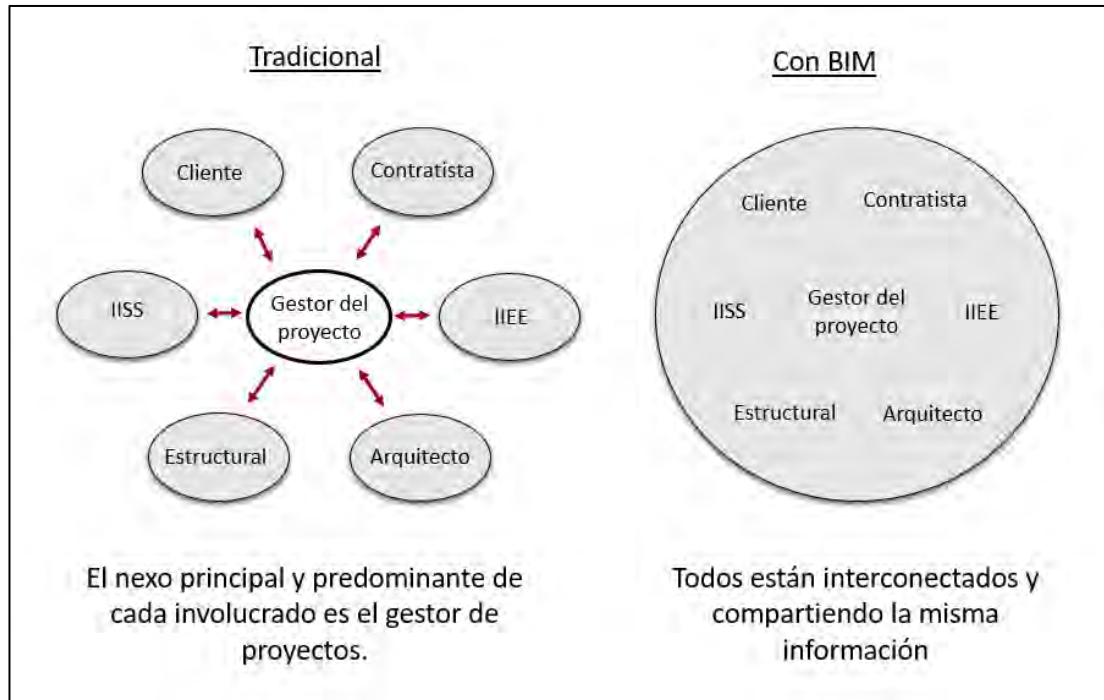


Fig. 2 Flujo de información proyectos sin BIM y con BIM
Fuente: Propia

La metodología BIM genera beneficios al proyecto. Según los resultados de una encuesta realizada en Singapur a distintos gerentes de proyectos, propietarios de edificios, arquitectos, ingenieros y contratistas que han trabajado con BIM parte de esos beneficios son (Qian, 2012):

- Mejora de la productividad (menos modificaciones, conflictos y cambios).
- Mejora en la calidad y el rendimiento del proyecto.
- Reducción en los plazos de ejecución.
- Reducción de las incompatibilidades.
- Reducción de los costos de construcción.
- Nuevos ingresos y oportunidades de negocio.

Aunque haya gran cantidad de partes interesadas y colaborativas en el proceso, quienes gozan de la mayor parte del valor adquirido por BIM en un

parámetro de retorno de inversión son los propietarios y el contratista. Los arquitectos, en cambio, que participan en la etapa de diseño, donde BIM genera gran parte de las ganancias, no reciben los niveles más altos de los beneficios (Rodríguez, 2011). Por lo tanto, hay un desafío por incentivar a los proyectistas.

Para cuantificar los beneficios de BIM es posible que no se pueda obtener un número de beneficio definitivo, ya que es difícil calcular los costos y ganancias, pero si se pueden encontrar algunas tendencias (Morrical, 2014).

2.1.1. Modelos 3D, 4D, 5D, 6D

La tecnología BIM 4D es la vinculación del modelo 3D con la variable tiempo. De esta manera se puede visualizar la secuencia de construcción permitiendo mejores coordinaciones y planificaciones logísticas. (Peterson et al., 2010). Esto se realiza conectando el cronograma de construcción con el modelo. Uno de los programas encargados de desarrollar los modelos 4D es Navisworks (Lee et al., 2013).

Con este modelo se pueden apreciar:

- Fases de Construcción
- Secuencia de planeamiento
- Planificación logística
- Optimización de cronograma

(Lee et al., 2013)

La tecnología BIM 5D consiste en añadirle la variable costo al modelo 3D. Con los datos de cantidades se pueden obtener costos estimados en cualquier punto del proyecto (Azhar et al., 2010).

Con este modelo se pueden apreciar:

- Cantidad de inicio

- Estimación de costos

(Lee et al., 2013)

La tecnología 6D representa el modelo as-built que puede ser usado durante las etapas de operación y mantenimiento (Smith, 2014).

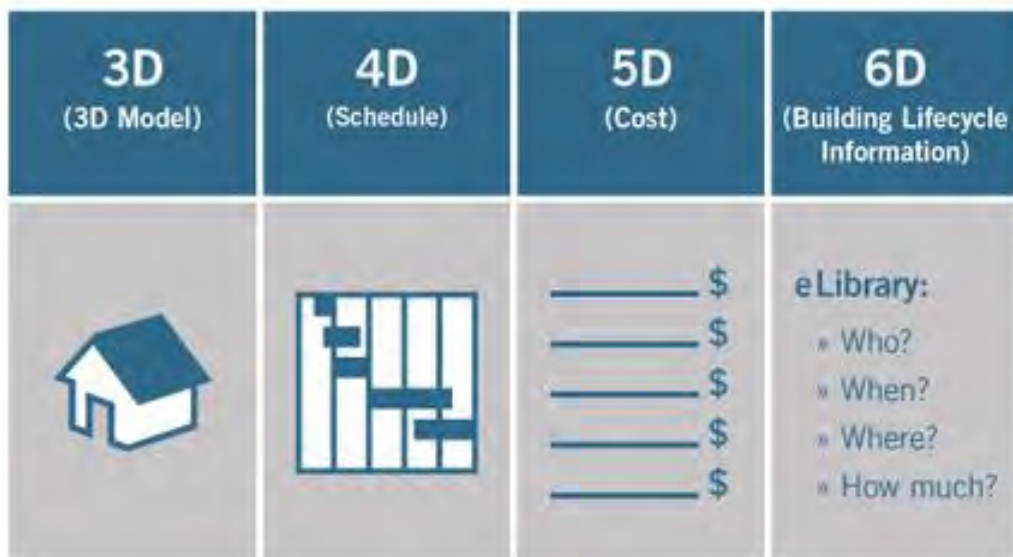


Fig. 3 Modelos 3D, 4D, 5D y 6D
Fuente: Adaptado de Fowler (2014)

2.2. LINEA DE VIDA DEL MODELO BIM

Patrick MacLeamy (2010), CEO de HOK, explica que para que el modelo BIM demuestre todo su potencial tiene que estar presente durante toda la vida del proyecto. Pero esto no significa que cualquier modelo creado en la etapa de diseño pueda servir para las etapas próximas. El modelo debe ser creado bajo unos parámetros que permitan que este modelo sea parte esencial y pueda ayudar a las próximas etapas. Para poder explicar esto mejor, Patrick divide la línea de vida del modelo BIM en tres (Fig. 4):

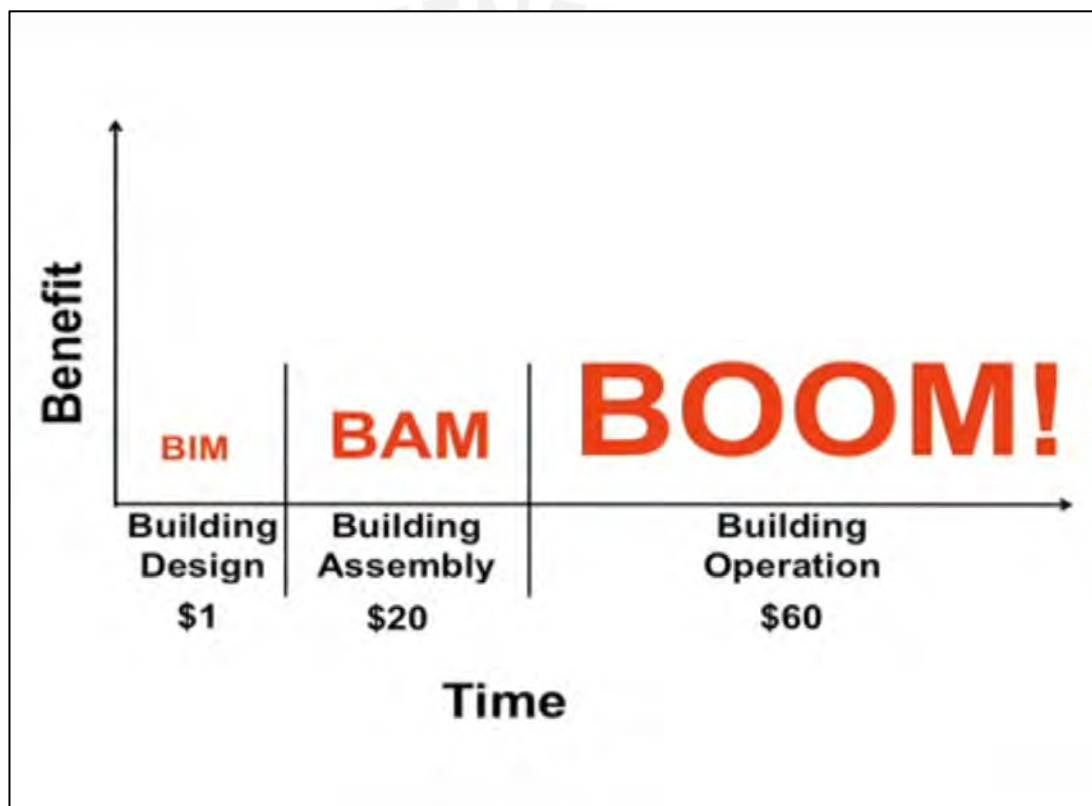


Fig. 4 Beneficios de BIM durante la vida del proyecto
Fuente: MacLeamy (2010).

- BIM (Building Information Model) representa la etapa de diseño.
- BAM (Building Assembly Model) representa la etapa de construcción, donde el contratista crea el edificio.
- BOOM (Building Operation Optimization Model) representa la etapa de operación donde se realiza el mantenimiento del edificio.

Por cada \$1 gastado en diseño se gastan \$20 en construcción y \$60 en operaciones (MacLeamy, 2010). El Diseño representa aproximadamente el 5% del valor de la construcción y el costo en la etapa de operación representa tres o cuatro veces el costo de construcción durante los 50 o más años de vida del edificio.

Lo que se busca es invertir más tiempo y esfuerzo en la etapa inicial del proyecto para conseguir grandes beneficios en las próximas etapas BAM y BOOM (Ferguson, 2011). Esto no necesita mucha inversión al inicio, ya que, los costos en la etapa de diseño son mucho menores que en las próximas etapas. Por lo tanto, los cambios en esta etapa no representan un gran impacto en el costo total del proyecto, lo que si sucede en las próximas etapas.

Para generar ahorros en la etapa de operaciones y poder ejecutar lo que Patrick MacLeamy nos explicó como “BIM, BAM, BOOM” se necesita un modelo con el detalle de la forma, ubicación exacta y demás información de los elementos, para que así, se puede ubicar rápidamente los problemas y encontrar su solución sin incurrir en grandes gastos de tiempo y dinero.

No por ser esto lo ideal es la mejor opción en todos los casos. Es obligación del cliente y de su equipo de trabajo decidir cuál es la mejor opción que se alinee con su modelo de negocio. Por ejemplo: en el Perú, una inmobiliaria que desarrolla edificios para vivienda generalmente no opera en la etapa de operación. Diseña y construye la edificación. Luego vende los departamentos y ofrece una garantía de cinco años sobre la estructura. Pasado ese tiempo la inmobiliaria no tiene mayor responsabilidad sobre el edificio.

En este caso la inmobiliaria no podrá gozar de los beneficios de tener un buen BIM para la etapa de operación, por lo tanto, no es necesario y en el contexto actual no es rentable dedicarle esfuerzos a algo que no les beneficiará.

Un caso contrario sería un edificio de oficinas donde la empresa desarrolladora es dueña del proyecto y mantiene control en la etapa de operación. En este caso, una mayor inversión de BIM en la etapa de diseño

traería consigo mayores beneficios en el largo plazo, donde cualquier procedimiento de mantenimiento será menos costoso.



2.3. VDC (VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION)

Diseño y Construcción Virtual, conocido por sus siglas en inglés VDC (Virtual Design and Construction), es el uso integrado y multidisciplinario de modelos de proyectos de construcción para respaldar los objetivos del negocio (Kunz and Fischer, 2012).

Los beneficios de VDC son reconocidos al posibilitar una eficiente coordinación multidisciplinaria y de agregar valor a los proyectos durante su ciclo de vida (McGraw and Hill, 2012).

Este concepto fue desarrollado en el CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) en la Universidad de Stanford. La misión del CIFE es ser el centro principal de investigación del mundo de VDC para proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC - Architecture, Engineering, Construction) (PR, 2014).

El CIFE trabaja de la mano con sus miembros para desarrollar, aprender y aplicar los principios y métodos de VDC. Esto, con la finalidad de dar a los proyectos su máximo valor ayudando a sus miembros a lograr sus objetivos más innovadores (PR, 2014).

Los modelos VDC tienen la finalidad de permitir a los involucrados (arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros de especialidades, constructores, subcontratistas, proveedores, usuarios, representantes de la comunidad, autoridades legales, etc.) poder comunicarse frente a modelos gráficos a pesar de tener diferentes lenguajes técnicos (Rischmoller, 2015).

Un modelo BIM es uno de los modelos con que trabaja VDC. Otros tipos de modelos VDC son aquellos que se utilizan para análisis estructurales, eficiencia energética, modelos de procesos, etc (Rischmoller, 2015).

Para el CIFE sólo los modelos visuales tienen el poder de ser el nexo comunicativo entre las partes interesadas. Usar estas imágenes en salas con

distintas pantallas permite tener un trabajo simultáneo más óptimo y eficiente. Estas salas son denominadas iRoom (Interactive Room). (Rischmoller, 2015).

Para que el trabajo de visualización funcione bien, todas las organizaciones interesadas necesitan desarrollar la habilidad para interpretar los modelos visuales, y muchos necesitan desarrollar la habilidad para desarrollarlos. Todo esto requiere una inversión en cómo usar los modelos (Kunz and Fischer, 2012).

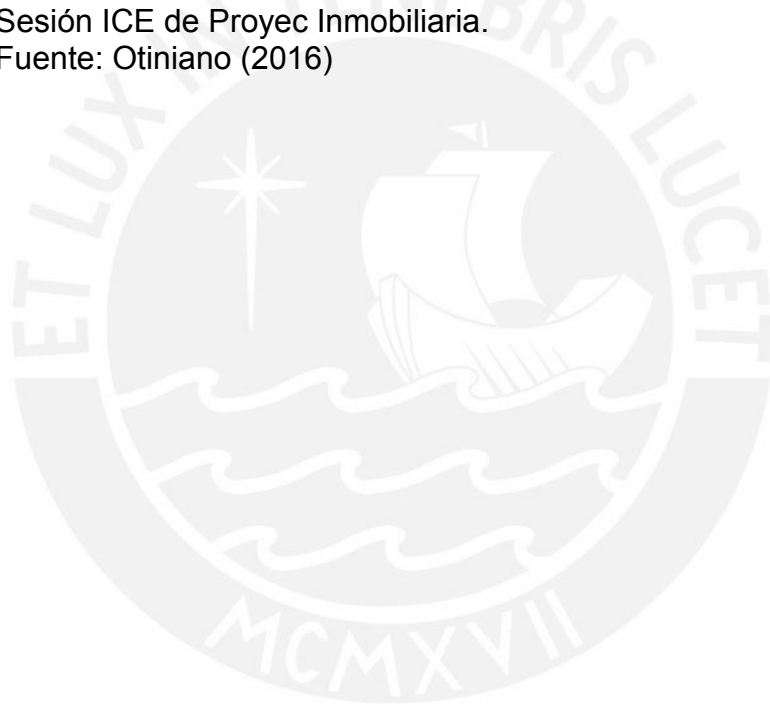
VDC enfatiza en tres aspectos que pueden ser mejorados: el diseño del producto a ser construido, el diseño de la organización del proyecto y el diseño de los procesos que se seguirán (Producto, Organización y Procesos - POP) (Kunz and Fischer, 2012).

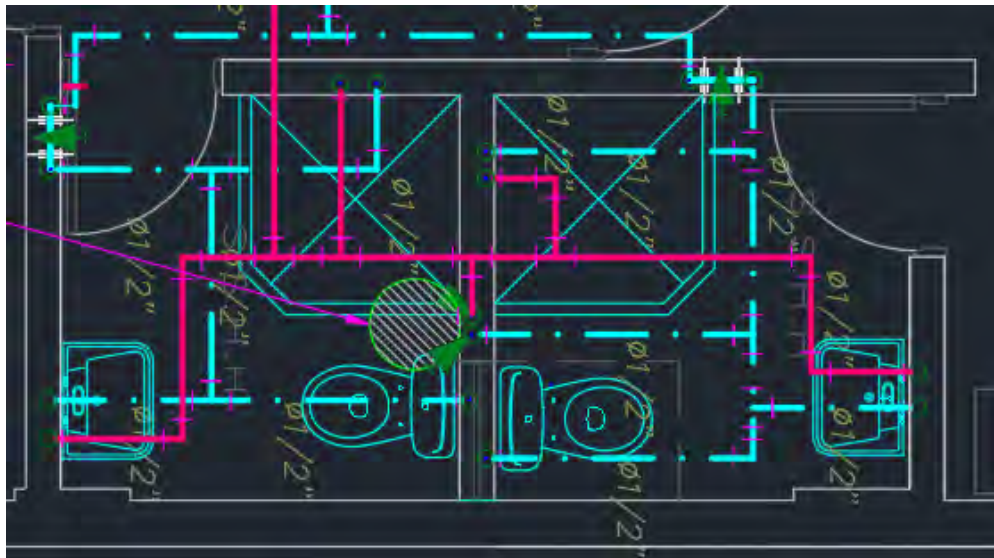
Dentro de los iRoom se llevan a cabo las sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), una reunión donde concurren las distintas especialidades para desarrollar, mostrar y explicar el producto, organización y los procesos VDC (POP) (Kunz, 2013) (Fig. 5). Las reuniones ICE buscan además eliminar las actividades que no agregan valor y que por lo tanto desperdician tiempo. Para ello se trabaja en la forma como se realizan las aclaraciones, además en los métodos y vocabulario utilizados para un estándar de entendimiento. También se pone énfasis en los tiempos que toma realizar una consulta y obtener una respuesta para luego tomar decisiones. (Rischmoller, 2015).

Los modelos VDC generan un contenido más accesible que los tradicionales. Los interesados del proyecto encuentran un modelo interactivo 3D mucho más entendible que un plano estático 2D y un proceso animado de construcción (4D) similarmente más entendible que un cronograma de proyecto tradicional en Gantt. Por todo esto los modelos VDC son flexibles, visuales e interactivos (Kunz and Fischer, 2012). Un ejemplo de un modelo tradicional y un modelo VDC es el mostrado en la "Fig. 6".

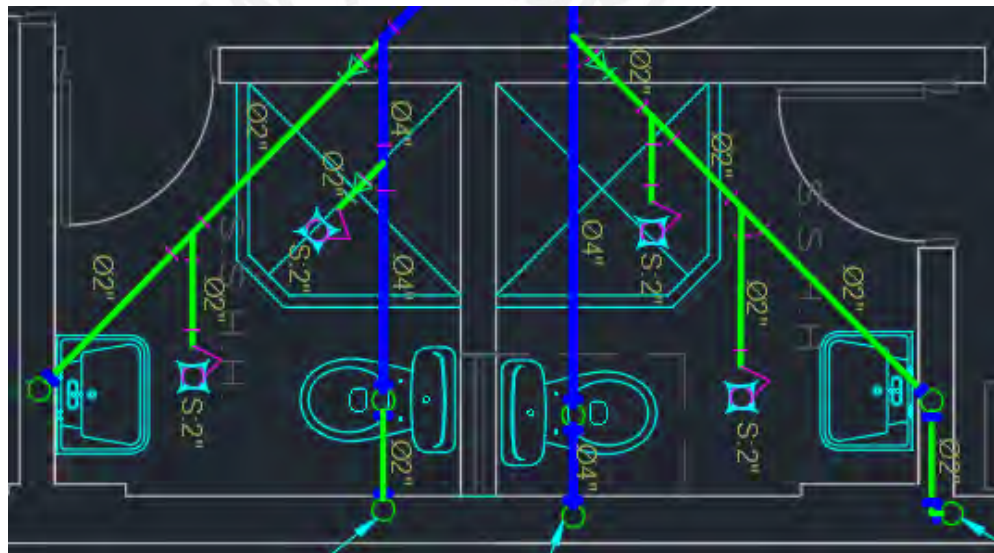


Fig. 5 Sesión ICE de Proyec Inmobiliaria.
Fuente: Otiniano (2016)





+



=

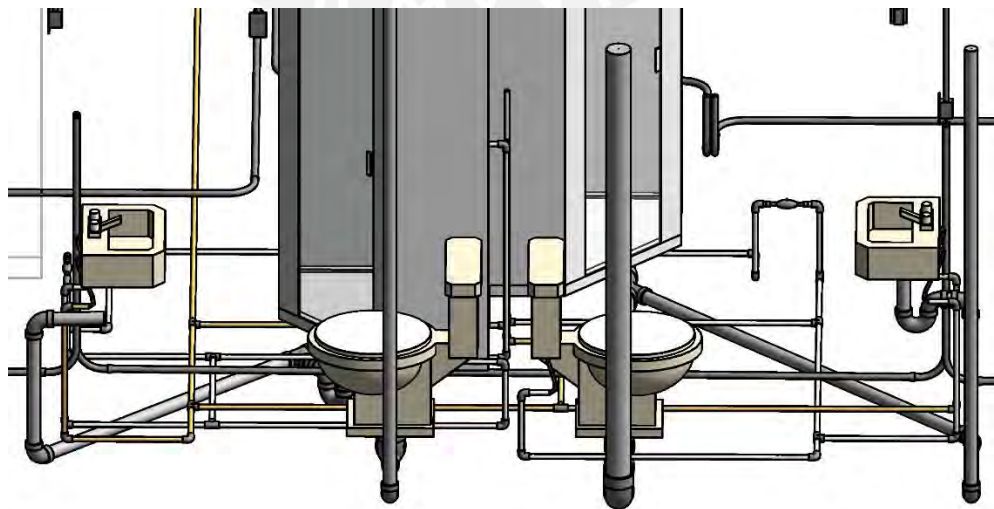


Fig. 6 Modelo tradicional (plano 2D) vs Modelo VDC (BIM)
Fuente: Propia

2.4. PROTOCOLOS

El modelo BIM tiene que ser hecho bajo unos parámetros especiales para que este modelo sirva en todas las etapas y no se tenga que rehacer el modelo una y otra vez. El documento que incluye todos estos parámetros, requisitos y especificaciones técnicas es un Protocolo.

El ingeniero Fabian Calcagno asegura que el principal motivo de los fracasos en la implementación BIM fue y es no contar con un Protocolo. Este documento debe definir como debe ser el modelo BIM y cuáles son los requisitos necesarios para que esta tecnología se ejecute de acuerdo a los objetivos del proyecto (2016).

El modelo debe poder llegar desde la etapa de diseño hasta la etapa de mantenimiento, siendo útil y causando la menor cantidad de complicaciones en el proceso. Un gran error lo cometen varios modeladores al pensar que cualquier modificación se puede arreglar más adelante (Calcagno, 2016). Fabian Calcagno (2016) asevera que en su experiencia arreglar un modelo puede ser más caro que empezarlo nuevamente desde cero.

Otro aspecto importante que debe solucionar este protocolo es la forma como se organiza y distribuye la información para que todos los involucrados puedan contar con ella de forma online y actualizada. Para esto se deben crear parámetros de como almacenar la información en una nube (gratis, como Dropbox), creando una manera de trabajo colaborativa y multidisciplinaria (Calcagno, 2016).

Este protocolo tiene como principal misión convertir el proyecto en lo más rentable posible para el cliente y además para quienes lo operan. Por lo tanto, quien debe tomar la decisión de realizar un BIM de la forma correcta debe ser el cliente (dueño) del proyecto, porque si se les deja a las otras partes que decidan como ejecutarán su trabajo es posible que no estén alineados con el objetivo final del proyecto.

2.5. INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD)

Integrated Project Delivery es un método de contratación con pocos años en el mercado y que se viene haciendo cada vez más popular entre los propietarios de edificaciones sofisticadas (Eastman et al., 2013). El Consejo de California del American Institute of Architects (AIA, 2007) lo define como un enfoque que integra personas, sistemas, estructuras de negocio y prácticas dentro de un proceso que busca reducir pérdidas y optimizar eficientemente las etapas de diseño, fabricación y construcción (Sewalk et al., 2016).

Los proyectos integrados trabajan con la colaboración entre los propietarios, contratistas, subcontratistas y diseñadores. Los interesados trabajan desde el diseño inicial hasta la entrega del proyecto. Todos trabajan juntos con las herramientas necesarias para cumplir con las reducciones de costo y tiempo del proyecto (American Institute of Architects, 2007). Pero, es evidente que el principal beneficiario de este tipo de contratación es el propietario (Eastman et al., 2013).

Para incorporar el IPD es necesario que las partes firmen contratos donde se especifica que todos ellos comparten el riesgo y beneficios (Sewalk et al., 2016). Esto genera una mayor unión en el equipo ya que sus metas estarán orientadas en la misma dirección bajo el mismo contrato, compartiendo el riesgo financiero y la recompensa (American Institute of Architects, 2010).

Cuando hay logros positivos por la ingeniería de valor, ahorro en costos y demás, las ganancias crecen. Por otro lado, si hubiera retrasos, sobrecostos u otros problemas, aparecen pérdidas. Si uno de los involucrados logra éxitos o fracasos, las ganancias o pérdidas son compartidas con los demás (Sewalk et al., 2016). Gran parte del riesgo ocurre cuando una de las partes no se compromete plenamente a la alianza de la manera deseada (Das & Teng, 2001).

Un ejemplo de IPD exitoso fue el proyecto de un hospital en California: “Sutter Medical Centre at Castro Valley”. El contrato IPD tuvo la participación de 11

integrantes del proyecto, quienes firmaron para compartir los riesgos del proyecto (Fig. 7), logrando así una reducción del 11% del costo, de 360 a 320 millones de dólares (Pila, 2016).



Fig. 7 Firmas de los 11 integrantes de IPD del proyecto “Sutter Medical Centre at Castro Valley”
Fuente: ENR (2011)

2.6. EQUILIBRIO DE NASH

BIM es un trabajo colaborativo, lo cual quiere decir que; para funcionar en toda su magnitud todos los involucrados deben estar totalmente comprometidos con el trabajo y brindar toda la información que poseen apuntando al bien común que es superior al bien individual. El ingeniero Miguel Amable (2016), asegura que esto es muy complicado y para explicar el por qué, realiza un paralelo entre un proyecto colaborativo y el equilibrio de Nash, este último creado por el Premio Nobel John Forbes Nash.

El dilema del prisionero es un problema que sirve para poder explicar el equilibrio de Nash. Este problema fue desarrollado por Merrill Flood y Melvin Dresher en el año 1950. Del entendimiento de este dilema se han derivado distintas soluciones de economía (Kumar, Sudha & Pushpalatha, 2016).

Se describe por una matriz de dos por dos de obtención de resultados. Donde las estrategias que puede tomar cada participante pueden ser cooperación (C) o deslealtad (D). Hay dos jugadores: A y B (Kumar, Sudha & Pushpalatha, 2016).

Los posibles resultados son los siguientes:

- Si A y B cooperan, ambos obtienen recompensa (R).
- Si A y B son desleales, ambos reciben castigo (P).
- Si A es desleal y B coopera, entonces A obtiene tentación (T) y B obtiene incauto (S).
- Si B es desleal y A coopera, entonces B obtiene tentación (T) y A obtiene incauto (S).

(Kumar, Sudha & Pushpalatha, 2016).

$$P_A = \begin{matrix} & C & D \\ \begin{matrix} C \\ D \end{matrix} & \begin{pmatrix} R & S \\ T & P \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Fig. 8 Matriz de resultados del jugador A
Fuente: Kumar, Sudha & Pushpalatha (2016)

El orden de satisfacción o ganancia es $T > R > P > S$. Por lo tanto, cada jugador debe tender a ser desleal porque obtendrá mejores resultados. Si es desleal obtiene T o R dependiendo la decisión del otro jugador, siendo estos dos resultados los mejores de los cuatro posibles. Pero el mejor resultado es cuando los dos cooperan y obtienen el mejor resultado grupal. Es aquí donde ocurre el dilema (Kumar, Sudha & Pushpalatha, 2016).

Para analizar el mismo problema, pero con números, se considera dos sospechosos (A y B) de un crimen (Tabla 1). No hay pruebas suficientes para condenarlos y tras separarlos se les ofrece el mismo trato:

- Si ambos confiesan, cada uno recibe seis años de prisión.
- Si ninguno confiesa, cada uno recibe un año de prisión.
- Si uno confiesa y el otro no, el que confiesa sale libre y el otro es condenado diez años.

Tabla 1. Dilema del Prisionero

	Prisionero A - Confiesa	Prisionero A - No confiesa
Prisionero B - Confiesa	Ambos son condenados a 6 años. <u>Ambos Traicionan</u>	"A" es condenado a 10 años y "B" sale libre. <u>B Traiciona</u>
Prisionero B no confiesa	"B" es condenado a 10 años y "A" sales libre. <u>A Traiciona</u>	Ambos son condenados a 1 años. <u>Ninguno Traiciona</u>

Fuente: Amable (2016)

La mejor opción grupal es que ninguno confiese, obteniendo cada uno un año de cárcel. Pero esta opción es la más inestable, porque cualquier participante

podría mejorar su situación confesando y saliendo libre. Visto desde el punto de vista individual, si uno confiesa puede salir libre u obtener seis años de cárcel, dependiendo la decisión del otro sospechoso. Pero, si no confiesa puede obtener uno o diez años de cárcel. Entonces la mejor opción individual es traicionar al otro y confesar. Este resultado es un punto de equilibrio de Nash, donde cada uno escoge el mejor resultado individual, pero este no es el mejor resultado.

El ingeniero Miguel Amable (2016), explica que en los proyectos colaborativos (IPD) ocurre lo mismo y lo explica en la Tabla 2 que él llama “el dilema en la forma de Proyecto Colaborativo – IPD”:

Tabla 2. Dilema en la forma de Proyecto Colaborativo – IPD

	CLIENTE <u>No Comparte Información</u>	CLIENTE <u>Comparte Información</u>
CONTRATISTA <u>No Comparte Información</u>	<p>Ambos Ganan s/0</p> <p>Ninguno Comparte</p>	<p>Contratista gana s/10,000 Cliente pierde s/5,000</p> <p>Solo Cliente Compartes</p>
CONTRATISTA <u>Comparte Información</u>	<p>Cliente gana s/10,000 Contratista pierde s/5,000</p> <p>Solo Contratista Comparte</p>	<p>Ambos Ganan s/ 3000</p> <p>Ambos Comparten</p>

Equilibrio Nash (Ambición Individual)

Mejor Opción para Ambos

Fuente: Amable (2016)

Si una de las partes interesada colabora con todo lo que tiene y otra de las partes prefiere guardarse cierta información para él, quien sale perjudicado es el equipo que colaboró con todo lo necesario. Es por eso, que cada interesado tiende a buscar su bien individual como en el equilibrio de Nash, haciendo difícil obtener todos los beneficios de un buen proyecto colaborativo.

La Tabla 2 trata de generalizar el problema en un caso, pero esto podría utilizarse para otros actores como el caso de proyectistas vs Cliente y así sucesivamente con los distintos participantes del proyecto.

CAPÍTULO 3: SITUACIÓN ACTUAL

3.1. LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

La construcción en el Perú estuvo en crecimiento, sin ninguna caída, desde el 2002 hasta el 2014, sin embargo, la ejecución de los proyectos constructivos se venía haciendo mal, sin preocuparse por optimizar los procesos porque había utilidades. Esto pasó especialmente hasta el 2013 cuando empezó la desaceleración de la construcción en el Perú (Fig. 9).

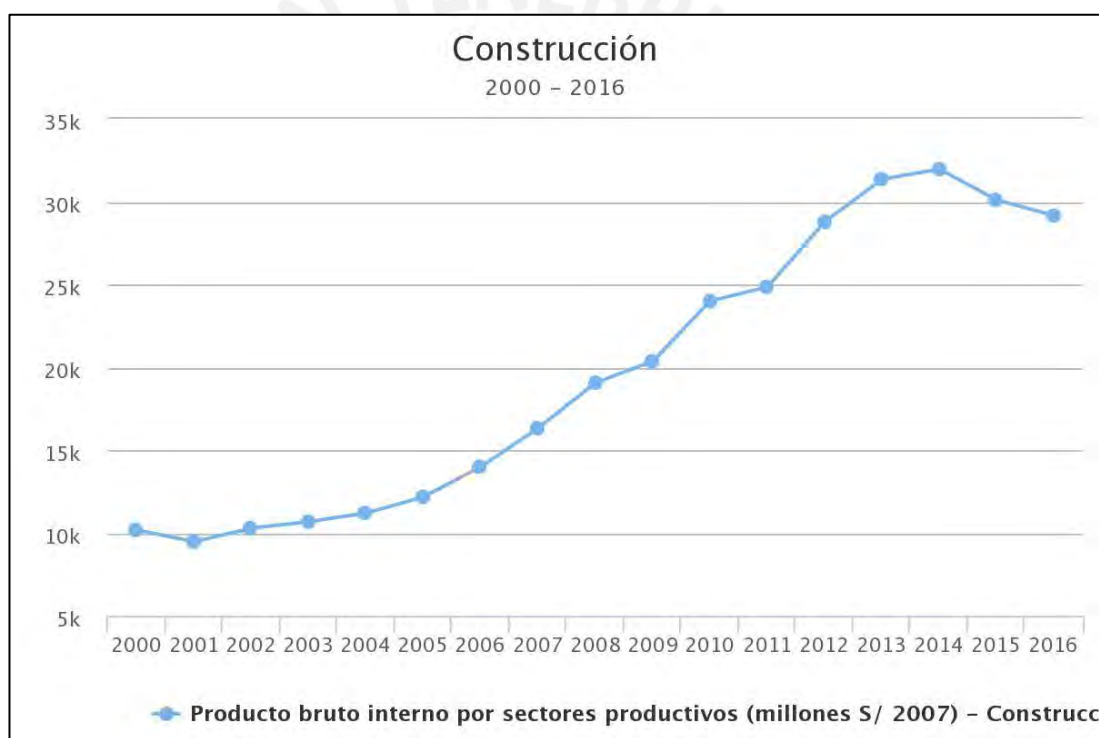


Fig. 9 PBI del sector construcción en millones de soles
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (2017a)

La siguiente tabla representa la variación porcentual del PBI del sector construcción respecto al año anterior (Tabla 3):

Tabla 3. Variación Porcentual del PBI del sector Construcción

Año	Variación
2000	-7.0%
2001	-6.9%

2002	8.6%
2003	3.8%
2004	4.9%
2005	8.7%
2006	15.0%
2007	16.6%
2008	16.8%
2009	6.8%
2010	17.8%
2011	3.6%
2012	15.8%
2013	8.9%
2014	1.9%
2015	-5.8%
2016	-3.1%

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (2017b)

El siguiente gráfico (Fig. 10) representa los datos de la tabla anterior:

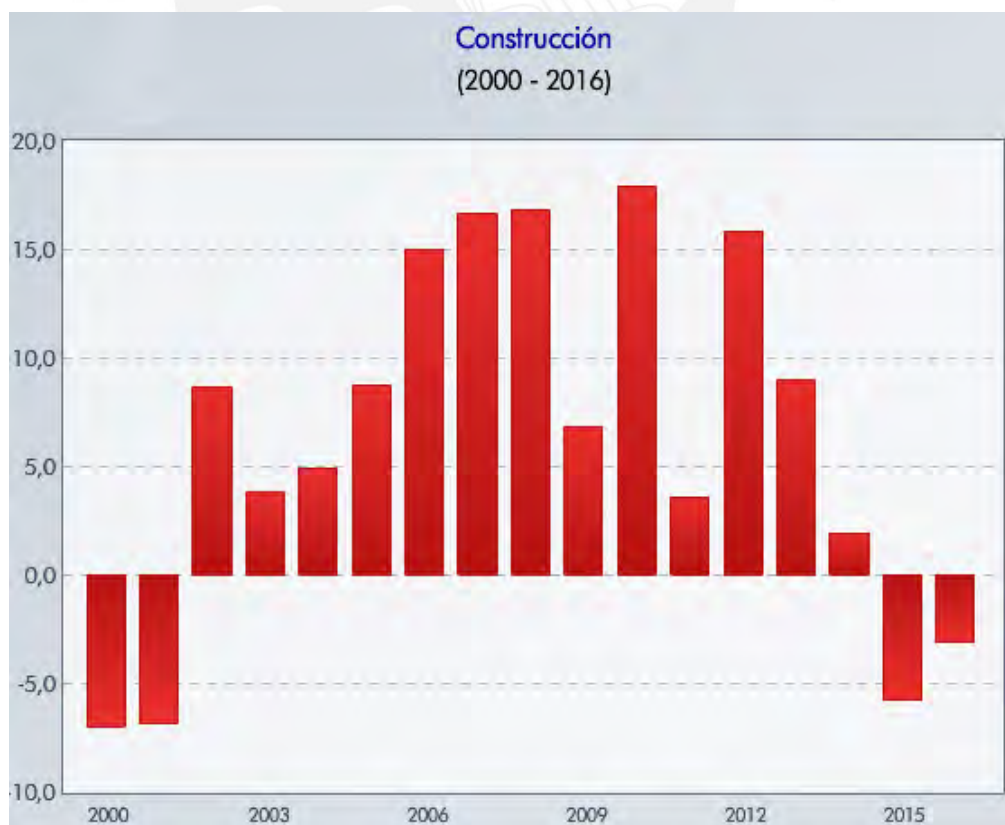


Fig. 10 Variación Porcentual del PBI del sector Construcción
Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (2017c)

Se aprecia que en el año 2015 y 2016 la variación del PBI de construcción respecto al año anterior paso a ser negativa (Fig. 11).

En esta época de preocupación, las empresas empezaron a buscar la forma de disminuir sus pérdidas y ser más eficientes durante todo el proceso. Una de estas opciones, de optimizar procesos, es BIM y por ello está tomando más acogida en los últimos años. Además, que este último en muchas ocasiones es una especie de herramienta de marketing de las empresas para ser más visibles con los clientes.



3.2. BIM EN LA ACTUALIDAD

BIM es una herramienta poderosa que nació en el siglo XX, el cual ha tenido procesos y etapas de adaptación diferentes en cada lugar. A continuación, se comentará como se encuentra BIM y que es lo que ofrece en países como Reino Unido, Chile y Perú.

3.2.1. Reino Unido

El Gobierno del Reino Unido en su plan por modernizar y reducir enormemente los gastos en construcción viene exigiendo desde el año 2016 los siguientes requisitos en sus proyectos de construcción (BRE Group, 2016):

- Desarrollar modelos de información que unan o intercambien información entre otros modelos.
- Provisionar un documento de requisitos de información de los empleadores con una definición clara y puntos de decisión.
- Evaluación de la capacidad de los proveedores.
- Provisionar un plan de ejecución BIM, incluyendo roles, estándares, métodos, procedimientos y una matriz de entrega de información alineada con el programa del proyecto.
- Provisión de un entorno común de información.
- Desarrollo de modelos de información que utilicen programas basados en base de datos y programas de análisis.
- Cumplir con los demás documentos y estándares estipulados por el gobierno.

(BRE Group, 2016)

Los gobiernos junto con los distintos actores de la industria de la construcción irán desarrollando en estos años los estándares para un requerimiento mayor de BIM. Para esto es crucial el seguimiento de la adopción de los requisitos

antes mencionados por las empresas del país (The Infrastructure and Projects Authority, 2016).

3.2.2. Chile

En una realidad más cercana geográficamente esta su aplicación en Chile. Según una encuesta realizada por la Universidad de Chile (2016) a distintos participantes del rubro construcción de ese país, más de la mitad señalaron ser usuarios BIM.

Se obtuvo como uno de los resultados que el nivel de uso es muy variado y con ello los beneficios también. Los arquitectos e ingenieros estructurales son los que gozan de mayores niveles de uso utilizando funciones más avanzadas con lo que obtienen mayores grados de satisfacción. Por otro lado, los especialistas con menores niveles de conocimiento y de uso son los eléctricos y sanitarios. Esta diferencia entre los participantes genera dificultad para lograr capturar el mayor valor de la tecnología que sucede cuando se integra a todos los participantes.

El proceso de fomentar la implementación BIM en Chile empezó de parte del gobierno en el año 2012 (BIM-Chile, 2016). Luego de algunos años se procedió a exigir el uso de BIM en algunas licitaciones públicas con la meta de que para el 2020 se proceda con la normativa general que exija BIM para todo proyecto público, aunque como antes se mencionó, sin la normativa ya se viene exigiendo BIM en las bases de licitación de algunos proyectos públicos. Para el 2025, se planea la exigencia en todo proyecto privado (CORFO, 2016).

Lo que se viene exigiendo en las licitaciones públicas con bases BIM son (CORFO, 2016):

- Coordinación digital
- Secuencia Constructiva (4D)
- Integración en etapa de operación

Este plan dedicado por parte del gobierno se debe a que la industria de la construcción representa aproximadamente un 7% del pbi y un 8% del empleo nacional (BIM-Chile, 2016). En el Perú, la construcción representa aproximadamente el 6% del PBI, muy similar a la situación de Chile. (Banco Central de Reserva del Perú, 2017a)

3.2.3. Perú

El Perú cuenta con un Comité BIM perteneciente al Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD) de la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO. Este comité formado en el año 2012 se encarga de promover el uso de la metodología BIM en el mercado orientando este proceso de manera ordenada y responsable. Está conformado por profesionales con experiencia en la aplicación de BIM en proyectos de construcción.

Sus objetivos son:

- “Difundir las ventajas y metodología de trabajo en todas las empresas del sector.
- Lograr alcanzar una estandarización en el uso y aplicación del Sistema BIM a nivel nacional.
- Ser el soporte del crecimiento del uso de esta metodología. Promover la capacitación en temas BIM a los diferentes profesionales y técnicos del sector.
- Transformar la manera de gestionar proyectos mejorando la colaboración multidisciplinaria en la gestión de proyectos de construcción, mediante la correcta aplicación de la metodología BIM.
- Generar un grupo de profesionales interesados en BIM para potenciar su praxis.”

(Comité BIM, 2014)

En un estudio realizado por el ing. Carlos Delgado (2014) para la 1era Conferencia Internacional BIM se presentó un gráfico de la proporción de

costos adicionales respecto al costo directo por tipo de proyecto privado en el Perú (Fig. 11):

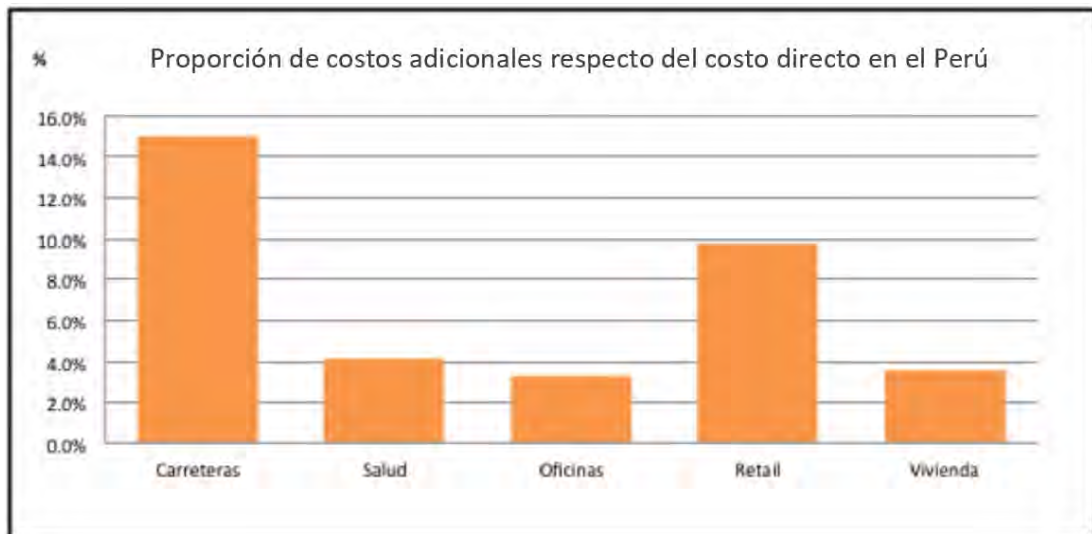


Fig. 11 Adicionales respecto al costo directo por tipo de Proyecto en el Perú
Fuente: Delgado, C. (2014)

En la gráfica se puede apreciar como los proyectos de carreteras representan un monto en adicionales bastante considerable seguido por los proyectos Retail con una proporción cercana al 10%, finalmente están los proyectos de vivienda y oficinas, aunque son los más pequeños en porcentaje están por encima del 3%, lo que representa un monto importante a la hora de tomar decisiones.

3.2.3.1. Proyectos que obtuvieron beneficios de aplicar BIM

Aunque el Perú se encuentra atrasado en la implementación de nuevas tecnologías, existen algunos casos de implementación BIM en edificaciones. Uno interesante es el realizado por la empresa MARCAN en la obra MARA, un edificio multifamiliar. El proyecto se ubica en la Av. Tejada 430. Barranco, Lima, Perú. Consta de siete pisos y tres sótanos distribidos en 11,316 m² de área techada en un terreno de 1514 m². Según José Salinas y Karem Ulloa (2014) el proyecto obtuvo los siguientes resultados de implementar la

metodología BIM en la etapa de diseño. Para este análisis se cuantificaron las incompatibilidades resueltas en esta etapa al usar el modelo 3D (Tabla 4).

Tabla 4. Beneficio de implementación BIM en Proyecto Mara

Costo de incompatibilidades resueltas	\$ 37,740.00
Costo del modelado BIM	<u>\$ 26,008.20</u>
Beneficio de implementación	\$ 11,731.80

Fuente: Salinas, J. & Ulloa, K. (2014)

Otros casos interesantes son los descritos en la Tabla 5, con datos extraídos de la tesis de Valerie Viñas (2015), donde se pueden comparar los beneficios económicos en dos proyectos que utilizaron la metodología BIM contra tres proyectos que fueron construidos de la manera tradicional. Los cinco proyectos fueron construidos entre los años 2011 y 2015.

Tabla 5. Comparación de proyectos tradicionales con proyectos desarrollados con BIM.

	Proyectos tradicionales			Proyectos desarrollados con BIM	
	EL CORTIJO	JP	AURORA	LUM	CIRC
Área construida (m2)	12864.09	9744.28	3474.77	8434.98	6200.31
Costo de obra contractual	S/. 18,307,694	S/. 14,409,079	S/. 4,739,425	S/. 16,712,984	S/. 7,943,802
N° de RFIs	342	250	107	183	130
Costo por adicionales	S/. 245,388	S/. 807,111	S/. 135,372	S/. 129,116	S/. 129,961
Penalidad por extensión de plazo	S/. 1,000,000	S/. 171,224	-	-	-
Porcentaje de costo de los adicionales sobre el presupuesto contractual	1.34%	5.60%	2.86%	0.77%	1.64%
Porcentaje de la penalidad sobre el presupuesto contractual	5.46%	1.19%	-	-	-
Valor promedio del porcentaje de costo de los adicionales sobre el presupuesto contractual	3.27%			1.20%	
Valor promedio del porcentaje de la penalidad sobre el presupuesto contractual	2.22%			0.00%	

Fuente: Adaptado de Viñas, V. (2015)

Como se puede apreciar el costo por adicionales es menor en obras desarrolladas con BIM, el cual representa en promedio 1.20% del presupuesto de obra contractual, en contraposición del 3.27% que representa el mismo porcentaje, pero en los proyectos tradicionales. Además, se observa que utilizar BIM reduce el riesgo de ser penalizados por extensión de plazo, lo cual en las tres obras se obtuvo un promedio de 2.22% del costo contractual, siendo este un monto considerable para evaluar opciones que contrarresten este gasto.

3.2.3.2. Graña y Montero

Graña y Montero es una de las constructoras más importantes en el mercado peruano con más de 80 años en el sector. Cuenta con un área BIM en sus instalaciones que se encarga de aplicar dicha metodología en varios de sus proyectos e innovar utilizando cada vez más niveles de implementación BIM. Actualmente se encuentra trabajando con otras empresas para lograr mejorar sus proyectos en base a esta metodología. Como es el caso de Prisma Ingeniería, una empresa de diseño estructural, con la que se encuentra trabajando en conjunto en el desarrollo de algunos proyectos con la aplicación de REVIT, “lo que permitirá unificar todas las especialidades durante el desarrollo del proyecto, con el fin de facilitar la programación y manejo de costos de obra” (Prisma Ingeniería, 2016).

Uno de los resultados obtenidos en este proceso por la empresa fue una comparación de la cantidad de consultas resueltas y el tiempo que demoró en responderse con y sin Sesiones ICE (Integrated for concurrent Engineering). En dichas sesiones los distintos involucrados se reúnen en un mismo espacio permitiendo una interacción e integración interdisciplinaria. Se obtuvo que con las Sesiones ICE se responde una consulta cada ocho minutos, mucho mayor que las 0.11 consultas respondidas por hora sin sesiones ICE (Salinas, 2015).

3.3. EMPRESAS QUE BRINDAN SERVICIOS BIM

Hoy en Perú contamos con algunas empresas que se dedican a brindar servicios BIM a otras empresas. El éxito generado por esta tecnología en otros países ha generado grandes expectativas en el Perú. Pero por el desconocimiento de las herramientas y metodologías a usar es que se han creado empresas que brindan servicios como compatibilizar los planos 2D de las empresas en BIM, y de esta manera, reducir las incompatibilidades en los proyectos de construcción.

Estas empresas reciben los planos terminados en 2D, los modelan en softwares como Revit y encuentran los cruces de elementos en softwares como Navisworks. Con las incompatibilidades encontradas, se comunican con los proyectistas para que las corrijan en sus planos 2D. Finalmente, entregan los planos 2D compatibilizados al cliente.

Algunas empresas subcontratan dicho servicio BIM a estas empresas, delegándoles las responsabilidades del modelo BIM a personas especializadas en el tema. Otras empresas como “Cosapi”, “Graña y Montero” Y “Marcan” poseen su propia área BIM dentro de la empresa.

CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO

4.1. PRESENTACIÓN DEL CASO

Por el crecimiento de BIM en el mundo, algunas empresas en el Perú utilizaron un modelo de negocio que consiste en empresas que brindan el servicio a otras empresas de compatibilizar sus planos 2D con BIM y devolverles los planos con menos incompatibilidades.

El caso de estudio se basa principalmente en el proceso y análisis por el que pasó la inmobiliaria Valico, luego que hace algunos años decidiera subcontratar los servicios de compatibilización con BIM para algunos de sus proyectos. Valico es una empresa especializada en el desarrollo de edificios de vivienda multifamiliar de mediana envergadura en la ciudad de Lima.

Valico, aunque no implementaba BIM en su empresa, con este servicio buscaba acercarse de alguna manera a BIM y poder ver parte de su potencial. El subcontratar este servicio le permitía poder conocer más sobre BIM sin necesidad de asumir riesgos, ya que, el contrato con la empresa que le brindó los servicios BIM fue por un monto fijo y bajo.

4.1.1. Descripción de la Empresa en mención

La inmobiliaria Valico es una empresa de capitales netamente peruanos con un sólido respaldo técnico y económico que se encarga de desarrollar, construir y comercializar sus propios proyectos inmobiliarios.

La empresa fue fundada en 1994, desarrollando a la fecha más de veinticinco proyectos inmobiliarios en distritos como Miraflores, Barranco, Magdalena del Mar, San Isidro, Surco y San Borja.

4.2. PROYECTOS A ANALIZAR

El presente estudio se basa en la evaluación de cuatro proyectos, todos edificios de vivienda de cinco a siete pisos con dos o tres sótanos, los cuales han sido construidos entre el 2012 y 2016. Los cuatro proyectos han sido construidos en distritos de “Lima top”, que son distritos con mayor precio por m² de vivienda en Lima. Los distritos pertenecientes a este grupo son: Miraflores, San Isidro, La Molina, Santiago de Surco, San Borja y Barranco.

Se trabajará con dos grupos de proyectos y se explicará cómo se desarrollaron en Valico: los proyectos que se desarrollaron de manera tradicional (sin BIM) y los que subcontrataron la compatibilización en BIM.

Todo empezó hace algunos años, cuando la empresa, conociendo el potencial de VDC y BIM que existe en el mundo, decidió buscar empresas que les brinden un servicio BIM. Se entrevistaron con diversas empresas del medio y escuchando las propuestas técnicas y económicas decidieron contratar a una de ellas en el año 2013.

Justo la época en que Valico decide contratar estos servicios BIM, es también la época en que muchas de estas empresas que lo ofrecían empezaban sus operaciones. La empresa escogida, al igual que Valico, fue aprendiendo y entendiendo las necesidades en esta modalidad de gestión poco desarrollada en el país.

4.2.1. Proyectos tradicionales

Valico, quien se encarga de la gestión del proyecto en todas sus etapas desde la idea hasta la postventa, contrata a los diseñadores que finalizan con los entregables 2D (planos). Luego el equipo de proyectos de la empresa realiza una revisión y compatibilización de los planos 2D. Se encuentran incompatibilidades y se envía las observaciones a los diseñadores para que

las resuelvan. Este proceso lo lidera un “Ingeniero Senior” con mucha experiencia en construcción (Fig.12).

Pasada esta etapa, se espera que un buen residente con experiencia pueda resolver algunas incompatibilidades en campo o las detecte con tiempo para que los proyectistas (diseñadores) puedan resolverlas antes de que ocasionen mayores gastos producto de paralizaciones de proceso o trabajos rehechos.

Muchas de las incompatibilidades pueden ser resueltas en campo con mucha experiencia, es por ello que un buen residente con un adecuado equipo de trabajo es importante para reducir estos problemas.

El proceso tradicional tiene como resultado una suma importante de adicionales que se tienen que pagar al contratista por la gran cantidad de incompatibilidades no resueltas en la etapa de diseño.

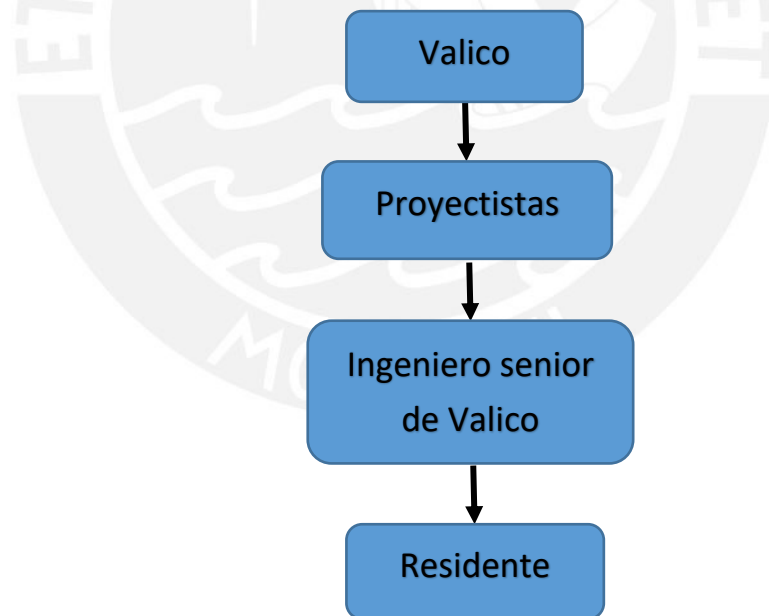


Fig. 12 Secuencia de trabajo en proyectos tradicionales
Fuente: Propia

4.2.1.1. Edificio Albamare

Este proyecto corresponde a la Vivienda Multifamiliar “Edificio Albamare” ubicado en el distrito de Barranco. Consta de seis pisos, en los cuales se distribuyen dieciocho departamentos, y dos sótanos destinados a estacionamientos. El terreno cuenta con un área de 559m² y el área total construida es de 3499m².

La obra se terminó de construir en el 2013 y se obtuvieron de este proyecto los siguientes datos detallados en la Tabla 6:

Tabla 6. Datos de “Edificio Albamare”

Área Construida (m ²)	3499
Presupuesto Contractual de Construcción (sin IGV)	S/. 4,804,475
Costo por m ² (sin IGV)	S/. 1,373
Costo Total Adicionales (sin IGV)	S/. 79,026

Fuente: Valico

El presupuesto contractual y costo de adicionales se componen de la siguiente manera (Tabla 7):

Tabla 7. Detalle de presupuesto y adicionales “Edificio Albamare”

	Albamare	
	Presupuesto	Adicionales
Preliminares	S/ 130,676	S/ -
Estructuras	S/ 1,492,238	S/ 26,412
Arquitectura	S/ 1,706,547	S/ 20,189
Instalaciones Sanitarias	S/ 173,280	S/ 4,875
Instalaciones Eléctricas	S/ 185,811	S/ 14,379
Equipamiento y Gas	S/ 315,176	S/ -
Costo Directo Total	S/ 4,003,729	S/ 65,855
Gastos Generales y Utilidad	S/ 800,746	S/ 13,171
Total del Presupuesto	S/ 4,804,475	S/ 79,026
IGV (18%)	S/ 864,805	S/ 14,225
Total	S/ 5,669,280	S/ 93,251

Fuente: Valico

El ingeniero de Valico encargado de la revisión de los planos y compatibilización de estos, pero todo en 2D, es un Ingeniero Senior. Este es un ingeniero con mucha experiencia en campo, que puede detectar algunos de los problemas que ocurren entre los planos.

El costo mensual para la empresa de este cargo (Ingeniero Senior) es alrededor de S/. 15000. Sin embargo, el tiempo empleado por esta persona para esta labor (revisión de planos) fue de diez horas hombre de trabajo efectivo en total para este proyecto (Tabla 8).

Dos horas diarias, por cinco días, para una persona con mucho tiempo de experiencia en obra, es suficiente para lograr la compatibilización de los planos en los edificios de la empresa Valico.

Tabla 8. Costo de Ingeniero Senior “Edificio Albamare”

Costo mensual	S/.15,000
Costo por hora	S/.73
Horas empleadas	10
Costo para proyecto	S/.729

Fuente: Valico

4.2.1.2. Edificio Arenzano

Este proyecto corresponde a la Vivienda Multifamiliar “Edificio Arenzano” ubicado en el distrito de Barranco. Consta de cinco pisos, en los cuales se distribuyen veinticinco departamentos, y dos sótanos destinados a estacionamientos. El terreno cuenta con un área de 700m² y el área total construida es de 3720m².

La obra se terminó de construir en el 2015 y se obtuvieron de este proyecto los siguientes datos detallados en la Tabla 9:

Tabla 9. Datos de “Edificio Arenzano”

Área Construida (m ²)	3721
-----------------------------------	------

Presupuesto Contractual de Construcción (sin IGV)	S/. 5,787,902
Costo por m2 (sin IGV)	S/. 1,555
Costo Total Adicionales (sin IGV)	S/. 64,405

Fuente: Valico

El presupuesto contractual y costo de adicionales se componen de la siguiente manera (Tabla 10):

Tabla 10. Detalle de presupuesto y adicionales “Edificio Arenzano”

	Arenzano	
	Presupuesto	Adicionales
Preliminares	S/ 348,181	S/ -
Estructuras	S/1,972,628	S/ 10,739
Arquitectura	S/1,936,530	S/ 25,105
Instalaciones Sanitarias	S/ 221,566	S/ 6,618
Instalaciones Eléctricas	S/ 314,969	S/ 18,013
Equipamiento y Gas	S/ 354,962	S/ -
Costo Directo Total	S/5,148,836	S/ 60,475
Gastos Generales y Utilidad	S/ 639,066	S/ 3,931
Total del Presupuesto	S/5,787,902	S/ 64,405
IGV (18%)	S/1,041,822	S/ 11,593
Total	S/6,829,724	S/ 75,998

Fuente: Valico

El ingeniero de Valico encargado de compatibilizar los planos en 2D tiene un costo mensual para la empresa de alrededor de S/. 15000. Sin embargo, el tiempo empleado por esta persona para esta labor (revisión de planos) fue de diez horas hombre de trabajo efectivo en total para este proyecto (Tabla 11).

Tabla 11. Costo de Ingeniero Senior “Edificio Arenzano”

Costo mensual	S/. 15,000
Costo por hora	S/.73
Horas empleadas	10
Costo para proyecto	S/.729

Fuente: Valico

4.2.2. Proyectos BIM

El proceso en gran parte es similar al anterior, sólo que cambia el encargado de compatibilizar los planos en 2D por una empresa modeladora BIM (Fig. 13). Luego de acabado los planos por los diseñadores, Valico contrata a una empresa modeladora BIM para que se encargue de modelar todos los planos en un sólo dibujo 3D y pueda encontrar todos los cruces (incompatibilidades) que un modelo de tres dimensiones puede hallar con más facilidad.

Con estos puntos encontrados, la empresa BIM genera un reporte de incompatibilidades, que ellos mismos se encargan de gestionar su solución mediante comunicación con los proyectistas.

Este proceso necesita una inversión más grande que en los proyectos tradicionales, que es el pago a la empresa proveedora del servicio BIM. Como resultado se espera una reducción de incompatibilidades presentadas en la fase de construcción, que significaría un menor gasto en adicionales.

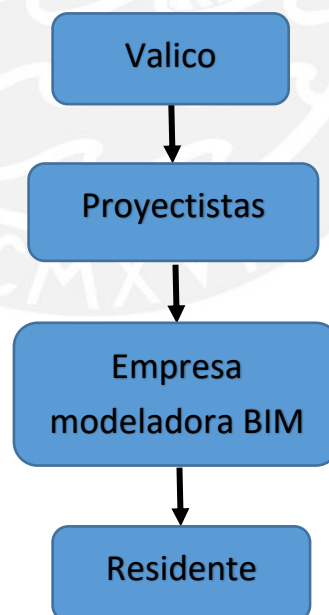


Fig. 13 Secuencia de trabajo en proyectos BIM
Fuente: Propia

4.2.2.1. Edificio Bellini

Este proyecto corresponde a la Vivienda Multifamiliar “Edificio Residencial Bellini” ubicado en el distrito de Miraflores. Consta de siete pisos, en los cuales se distribuyen diecinueve departamentos, tres sótanos destinados a estacionamientos y un semisótano. Cuenta con un área total construida de 4140m².

La obra se terminó de construir en el 2017 y se obtuvieron de este proyecto los siguientes datos detallados en la Tabla 12:

Tabla 12. Datos de “Edificio Bellini”

Área Construida (m ²)	4140
Presupuesto Contractual de Construcción (sin IGV)	S/.7,421,102
Costo por m ² (sin IGV)	S/.1,793
Costo Total Adicionales (sin IGV)	S/.76,271

Fuente: Valico

El presupuesto contractual y costo de adicionales se componen de la siguiente manera (Tabla 13):

Tabla 13. Detalle de presupuesto y adicionales “Edificio Residencial Bellini”

	Bellini	
	Presupuesto	Adicionales
Preliminares	S/ 484,664	S/ -
Estructuras	S/2,012,497	S/ 38,929
Arquitectura	S/2,563,165	S/ 21,015
Instalaciones Sanitarias	S/ 300,994	S/ 4,215
Instalaciones Eléctricas	S/ 327,781	S/ 7,123
Equipamiento y Gas	S/ 553,262	S/ -
Costo Directo Total	S/6,242,362	S/ 71,282
Gastos Generales y Utilidad	S/1,178,740	S/ 4,990
Total del Presupuesto	S/7,421,102	S/ 76,271
IGV (18%)	S/1,335,798	S/ 13,729
Total	S/8,756,901	S/ 90,000

Fuente: Valico

El encargado para compatibilizar los planos en este proyecto fue una empresa que se dedica a metodologías y procesos BIM, la cual en adelante llamaremos “Empresa BIM”. El trabajo ofrecido se resumía en cuatro alcances:

1) Construcción Virtual (Modelado BIM)

Modelamiento de todas las especialidades:

- Estructuras
- Arquitectura
- Instalaciones Sanitarias
- Instalaciones Eléctricas/Comunicaciones
- Instalaciones de Agua Contra Incendios (ACI)
- Instalaciones Electromecánicas

Este alcance tuvo como entregables los modelos Revit y Navisworks del edificio (Fig. 14).

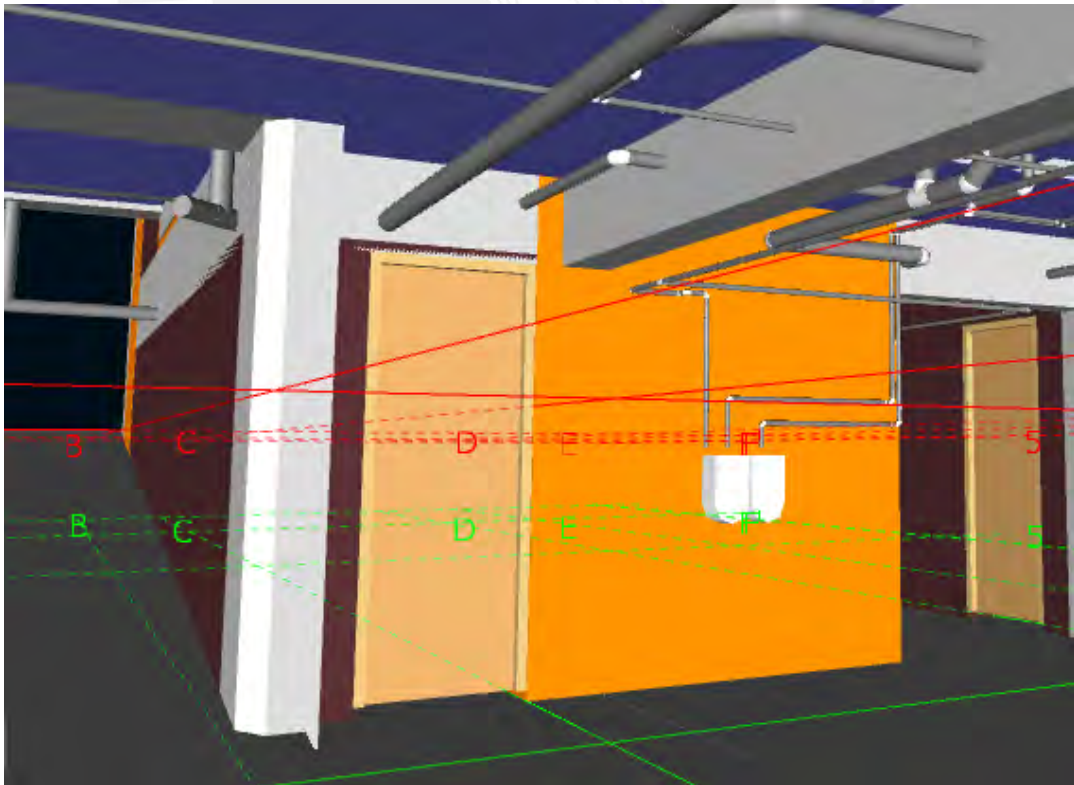


Fig. 14 Modelo Revit de “Edificio Residencia Bellini”
Fuente: Valico

2) Reporte de Incompatibilidades

Luego del modelamiento se realizó un análisis minucioso del edificio. Se recopilaron las incompatibilidades, errores de diseño, posibilidades de mejora y otros puntos importantes para la optimización del proyecto, todos estos plasmados en un “Reporte de Incompatibilidades” (Tabla 14). Este reporte viene con ayudas visuales (Fig. 15) para facilitar el entendimiento de los problemas.

Para realizar una clasificación que permita medir la importancia de las observaciones se clasificaron las incompatibilidades por un “Indicador de gravedad” (la última columna mostrada en la Tabla 14). Se clasifican en leves, moderadas y graves, para de esta manera poder tener un mayor control al momento de solucionarlas en conjunto con los proyectistas.

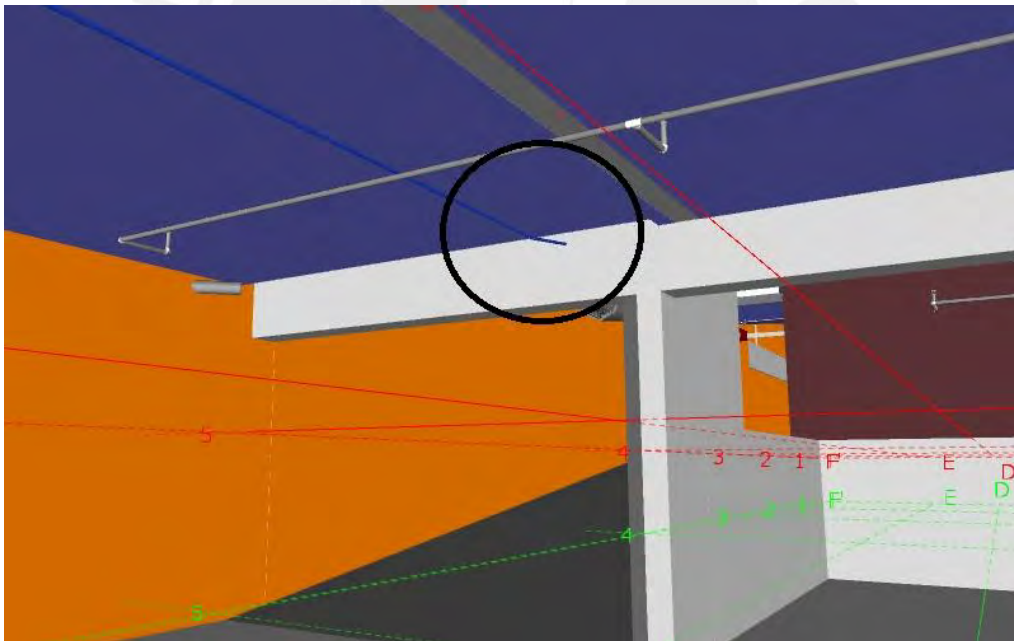


Fig. 15 Tubería de agua choca con viga
Fuente: Valico

3) Capacitación Básica para uso de los modelos

En una sesión de tres horas, se explicó un poco del entorno de los softwares para que el cliente pueda visualizar y navegar en los modelos.

Tabla 14. Reporte de Incompatibilidades del “Edificio Residencial Bellini”

N°	PISO/NIVEL	EJES	DESCRIPCIÓN DE LA INCOMPATIBILIDAD	ARQ	EST	IISS	IIEE	GAS	IIMM	FOTO	SUGERENCIA	SOLUCIÓN DE ESPECIALISTA	INDICADOR DE GRAVEDAD
102	SEMISOTANO	D-E/5	La tubería de agua fría deberá pasar a través de la viga ya que la altura que deja la viga es la máxima permisible		X	X				102	IISS indicar pase en viga para tubería		Leve
105	AZOTEA		Las rejillas de IIMM en azotea no han sido consideradas por estructuras		X						EST hacer abertura en losa para rejilla	EST: hará la abertura en la losa.	Leve
106	SOTANOS	EJE 5	Pinto de placa - 4 tiene un pinto sobresaliente en rampa		X	X					EST confirmar necesidad de pintos por dificultad constructiva	EST: Re confirmar si el pinto es necesario. Sino, se elimina	Moderada
107	SOTANOS	EJE A	Vigas no descansan en núcleos y algunos anclajes caen en losa		X					107	EST revisar apoyo de vigas	EST: Crear núcleo Eje 4 para que las vigas apoyen	Grave

Fuente: Valico

4) Coordinación BIM

El trabajo se basó en solucionar las incompatibilidades detectadas en el Reporte de Incompatibilidades. Este alcance se desarrolló de la siguiente manera luego de la primera generación del reporte de incompatibilices:

- Reunión de Valico con la Empresa BIM. En esta reunión se revisaron los modelos y el primer Reporte de Incompatibilidades.
- Reunión de coordinación BIM (Empresa BIM con los proyectistas). En esta reunión se les presento a los proyectistas la forma de trabajo de la gestión BIM y se resolvieron algunas incompatibilidades.
- La Empresa BIM envió por correo las observaciones a cada proyectista para que puedan subsanarlas.
- Los proyectistas enviaron sus planos actualizados y corregidos.
- Se actualizaron los modelos BIM y se generó un segundo Reporte de Incompatibilidades.
- Se enviaron las nuevas observaciones a los proyectistas por correo.
- Los proyectistas enviaron la versión final de sus planos actualizados para obra.
- Se actualizaron nuevamente los modelos BIM y se generó un último reporte de incompatibilidades.

Aunque la propuesta inicial de la Empresa BIM consistía en dos reuniones de coordinación BIM con los proyectistas, para resolver incompatibilidades en conjunto, solo se llevó a cabo una reunión y se prefirió enviar las observaciones por correo.

El monto pagado a la Empresa BIM por la totalidad de su gestión fue de S/. 11,000 sin IGV (Tabla 15).

Tabla 15. Costo de Empresa BIM “Edificio Bellini”

Presupuesto Total (sin IGV)	S/. 11,000
-----------------------------	------------

Fuente: Valico

El plazo total propuesto por la Empresa BIM fue de diez semanas, pero el servicio se dio en dieciséis semanas debido a distintos inconvenientes producidos mayormente por las demoras en las respuestas de los proyectistas y los desafíos para reunirse.

En el reporte final de este proyecto, otorgado por la Empresa BIM, se encontraron 97 incompatibilidades. Valico, para realizar un análisis del entregable final, clasificó las 97 incompatibilidades en una escala del 0 al 2:

- La escala 0 representa aquellas incompatibilidades que pueden ser resueltas en campo con el propio conocimiento del equipo de obra. Se asume que, con la programación anticipada de las actividades y la previa revisión de los planos por los contratistas, estas incompatibilidades pueden ser resueltas rápidamente. Se presentan casos como la falta de un nivel en algún plano de planta, pero que sí está en un detalle o viceversa. También se presentan errores de dibujo que pueden ser solucionados con experiencia. Todos problemas que se pueden resolver en campo.
- La escala 1 representa aquellas incompatibilidades que no generan adicionales, pero que requieren realizar consultas y/o coordinaciones con la oficina principal, con los distintos diseñadores o con los proveedores. Son incompatibilidades que con la programación anticipada de obra se pueden absolver las consultas con tiempo. Se presentan casos como falta de cuadro de algunos vanos, dimensiones en arquitectura diferente a estructuras, detalle de algún producto, algún cruce de tuberías que tendrían que moverse, etc.
- La escala 2 representa aquellas incompatibilidades que de no ser detectadas con mucha anterioridad generarían un adicional en obra. Por ejemplo, se presentan casos en los que se tendría que demoler y rehacer trabajos.

El análisis dio como resultado 42 incompatibilidades en la escala 0, 47 incompatibilidades en la escala 1 y 8 incompatibilidades en la escala 2 (Tabla 16).

Tabla 16. Cantidad de incompatibilidades por escala

Escala	Cantidad de incompatibilidades
Escala 0	42
Escala 1	47
Escala 2	8

Fuente: Valico

Además, los adicionales que se hubieran presentado en obra por las incompatibilidades de la escala 2 fueron estimados con costos que maneja la empresa (Tabla 17).

Tabla 17. Costo de incompatibilidades de escala 2

N°	Descripción	Problema potencial	Solución potencial	Costo (S/.)
40	Las dimensiones de los muros de las jardineras indicadas en las elevaciones de arquitectura no coinciden con las dimensiones indicadas en los cortes estructurales.	Las medidas sin compatibilizar generan necesidad de trabajos correctivos en la instalación de cristales	Picar sardinel de acuerdo a solicitudes de FURUKAWA. Hace falta 1 operario semanal y materiales.	840
43	No existe detalle de la colocación y dimensiones del falso cielo raso y drywall reforzado indicados en el corte 3 y 4.	De no haberse detectado tempranamente el reemplazo de falso cielo raso por vigas peraltadas hubiera requerido retrabajos.	Demoler vigas chatas en extremos y vaciar vigas peraltadas en los pisos necesarios. Se requieren 5 m3 de concreto y el jornal de 2 operarios en una semana y media.	3,000
84	Interferencia entre jetfan, ACI, desagüe.	Si no se reubican los jetfans anticipadamente hará falta mover los puntos de energía de cada jetfan.	Reubicar salidas de energía en 2 jetfans. Se requiere 1 jornal de 1 operario. 10% en materiales.	132
89	La terma y el lavatorio de la lavandería están debajo de la escalera y pueden generar alturas incómodas para el uso.	Eventualmente el propietario puede pedir la reubicación de el lavatorio, eso implica picar y mover IISS e IIEE.	Se requiere reubicar salida de agua caliente y fría y puntos de tomacorriente. Se	792

			requiere 2 jornales y 10% en materiales	
91	Proyección a futuro de evacuación de gases pasa por ventana.	En un futuro sería necesario tener un pase para evacuación de gases y se tendría que cambiar la carpintería de los vidrios.	Cambiar la carpintería y cambiar los cristales en 6 departamentos.	8,400
93	El grupo electrógeno está ubicado en un vacío y sobre el ascensor.	Además de la construcción de losa necesaria, esta observación permitió tomar en cuenta las modificaciones requeridas en IIEE que indicaban un cambio en T-ASC	Empotrar T-ASC en muro de ducto de ascensor. Requiere 3 jornales. 10% materiales	396
95	Conectar los dampers de gravedad de los ductos al CACI	De no considerarse, se hubiera tenido que entubar estos dampers hasta CACI.	Picar y entubar para conectar dampers a CACI, 42 puntos. Se requiere 10 jornales + 10% materiales.	1,320
11 8	Tubería de ACI cruza viga en zona de confinamiento.	Se requiere mover la tubería antes de instalar para realizar un nuevo pase.	Se debe habilitar pases en las vigas ya construidas. Se requiere 4 jornales. 10% materiales	528
			TOTAL (S/.)	15,408

Fuente: Valico

Adicionalmente, se pudo obtener los siguientes datos del reporte incompatibilidades:

- 53 de las 97 incompatibilidades involucran sólo una especialidad, 40 involucran dos especialidades, tres involucran tres especialidades y una involucra cuatro especialidades (Tabla 18).

Tabla 18. Cantidad de incompatibilidades por cantidad de especialidades

Cantidad de especialidades	Cantidad de incompatibilidades
1	53
2	40
3	3
4	1

Fuente: Valico

- La especialidad de estructuras está presente en 58 de las incompatibilidades; arquitectura, en 54 incompatibilidades; instalaciones sanitarias, en 20 incompatibilidades; instalaciones eléctricas, en 4 incompatibilidades; equipamiento y gas, en 10 incompatibilidades (Tabla 19).

Tabla 19. Cantidad de incompatibilidades por especialidad

Especialidad	Cantidad de incompatibilidades
EST	58
ARQ	54
IISS	20
IIEE	4
EQUIP Y GAS	10

Fuente: Valico

El monto de S/. 11,000 soles que se le pagó a la Empresa BIM se acordó en el año 2015. Si hoy, 2018, se volviera a realizar un proyecto igual a Bellini, la Empresa BIM cobraría por el mismo servicio S/. 16,000.

La razón de este incremento se debe a que los S/. 11,000 no son suficientes para cubrir los gastos de este tipo de trabajos y aunque el mercado les quiere pagar eso, ellos no pueden brindar el servicio por menos de S/.16,000. Por esta razón, al no haber un equilibrio entre el precio que ofrece la Empresa BIM por el servicio y el precio que demanda el mercado, es que la Empresa BIM dejó de brindar ese servicio y hoy se dedica a brindar otro tipo de servicios que no tienen relación con BIM.

4.2.2.2. Edificio Pisano

Este proyecto corresponde a la Vivienda Multifamiliar “Edificio Pisano” ubicado en el distrito de Miraflores. Consta de cinco pisos, en los cuales se distribuyen doce departamentos, y dos sótanos destinados a estacionamientos. El terreno cuenta con un área de 475m² y el área total construida es de 2639m².

La obra se terminó de construir en el 2016 y se obtuvieron de este proyecto los siguientes datos detallados en la Tabla 20:

Tabla 20. Datos de “Edificio Pisano”

Área Construida (m2)	2639
Presupuesto Contractual de Construcción (sin IGV)	S/.4,513,792
Costo por m2 (sin IGV)	S/.1,710
Costo Total Adicionales (sin IGV)	S/.30,948

Fuente: Valico

El presupuesto contractual y costo de adicionales se componen de la siguiente manera (Tabla 21):

Tabla 21. Detalle de presupuesto y adicionales “Edificio Residencial Pisano”

	Pisano	
	Presupuesto	Adicionales
Preliminares	S/ 283,495	S/ -
Estructuras	S/1,202,604	S/ 18,544
Arquitectura	S/1,480,622	S/ 6,061
Instalaciones Sanitarias	S/ 165,870	S/ 2,654
Instalaciones Eléctricas	S/ 206,883	S/ 2,215
Equipamiento y Gas	S/ 384,098	S/ -
Costo Directo Total	S/3,723,572	S/ 29,474
Gastos Generales y Utilidad	S/ 790,220	S/ 1,474
Total del Presupuesto	S/4,513,792	S/ 30,948
IGV (18%)	S/ 812,483	S/ 5,571
Total	S/5,326,275	S/ 36,519

Fuente: Valico

El encargado para compatibilizar los planos en este proyecto fue la “Empresa BIM”, la misma empresa que realizó la compatibilización del proyecto anterior (Bellini). Esta empresa desarrolló en este proyecto los mismos alcances descritos en el proyecto Bellini.

El monto pagado a la Empresa BIM por la totalidad de su gestión fue de S/. 10,000 sin IGV (Tabla 22). Siendo un edificio con mucho menor área construida que Bellini, la Empresa BIM les cobró casi lo mismo, porque ellos no cobran tanto por m², sino más por su gestión.

Tabla 22. Costo de Empresa BIM “Edificio Pisano”

Presupuesto Total (sin IGV)	S/. 10,000
-----------------------------	------------

Fuente: Valico

En el siguiente acápite se presentará un análisis comparativo de los datos encontrados en el presente capítulo.

4.2.3. Análisis de Proyectos

4.2.3.1. Incompatibilidades Proyecto Bellini

En este acápite se presentará el análisis de las incompatibilidades encontradas por la empresa modeladora BIM en el proyecto Bellini.

De la clasificación en escalas del 0 al 2, se obtuvo que el 49% de las incompatibilidades pertenecen a la escala 0; 43%, a la escala 1 y 8%, a la escala 2 (Fig. 16).

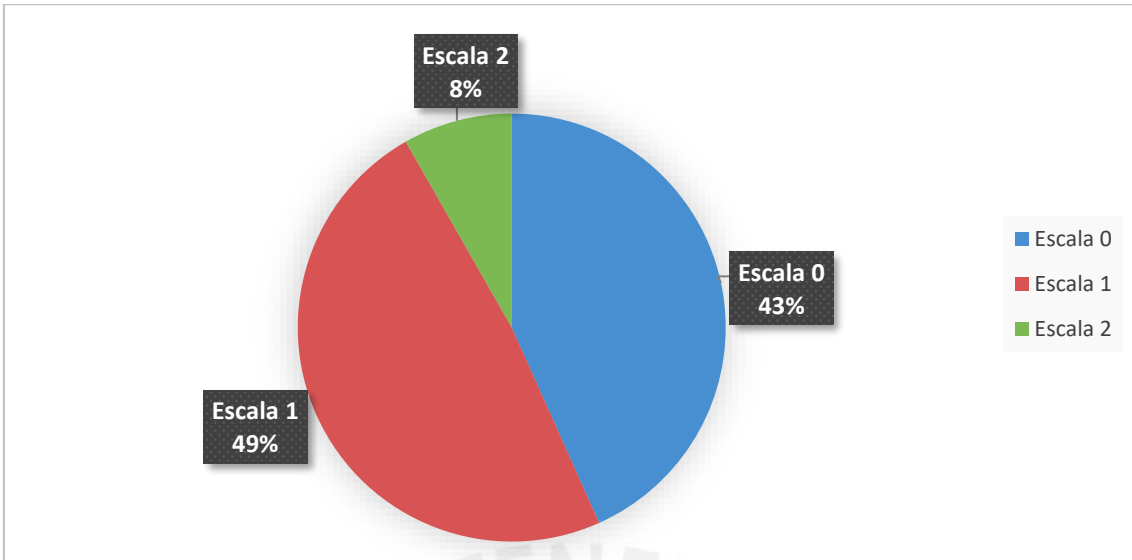


Fig. 16 Porcentaje de incompatibilidades por escala del 0 al 2
Fuente: Valico

De las 97 incompatibilidades encontradas por la “Empresa BIM”, el 55% involucraba una especialidad; el 41%, dos especialidades; el 3%, tres especialidades y el 1%, 4 especialidades (Fig. 17).

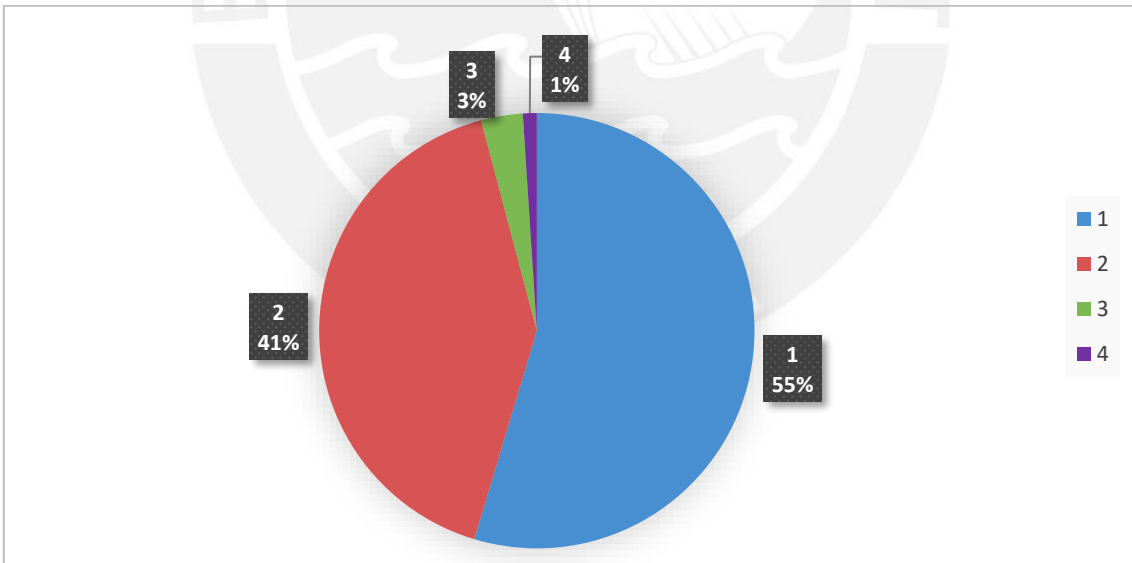


Fig. 17 Porcentaje de incompatibilidades por una cantidad específica de especialidades involucradas.
Fuente: Valico

También se contabilizó que las especialidades de estructuras y arquitectura son las más involucradas en las incompatibilidades, ambos con 40% y 37% respectivamente del total de veces que cualquier especialidad está involucrada

en alguna incompatibilidad. Luego está instalaciones sanitarias con 13%; equipamiento y gas, con 7% e instalaciones eléctricas con 3% (Fig. 18).

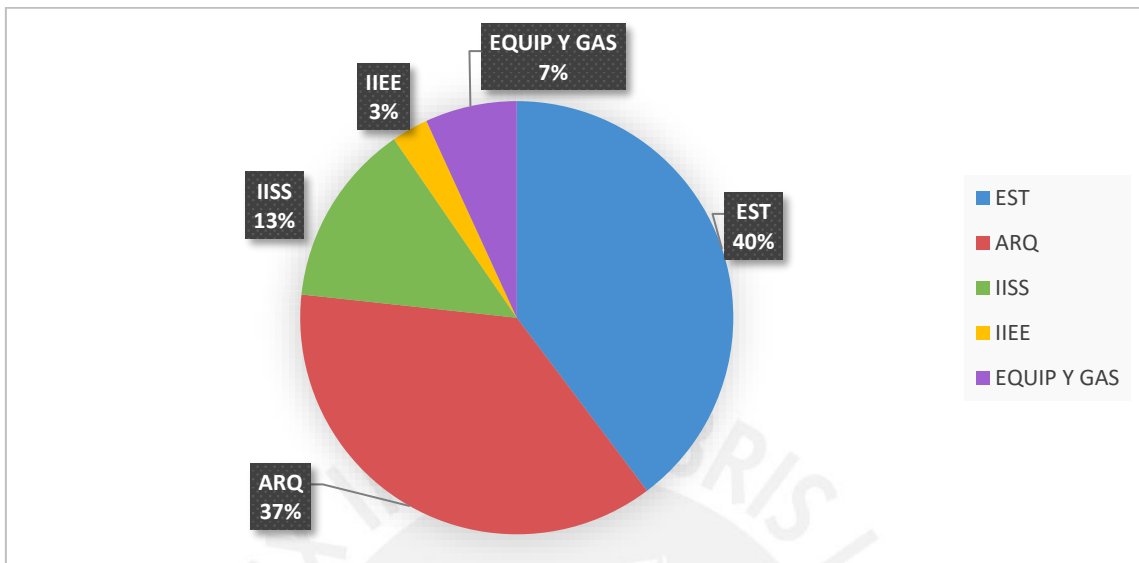


Fig. 18 Porcentaje de incompatibilidades por especialidad
Fuente: Valico

Los resultados nos dicen que para el proyecto Bellini la gran mayoría de incompatibilidades encontradas por la Empresa BIM pertenecen a la escala 0 y 1, involucran 1 o 2 especialidades por incompatibilidad y las especialidades más involucradas en las incompatibilidades son estructuras y arquitectura.

Esto ayuda a entender que la mayoría de las incompatibilidades resueltas por la Empresa BIM no ahorraron futuros adicionales, sino que resolvieron anticipadamente problemas que pudieron ser resueltas en campo y otros tantos que hubieran generado consultas a uno o dos especialistas o a la oficina principal.

La gran mayoría de incompatibilidades no hubieran ocurrido si es que todos los especialistas hubieran diseñado en BIM y no en 2D, ya que al diseñar en los softwares BIM todos los corte, detalles y dibujos de planta salen de una misma figura, lo que eliminaría gran parte de los errores que son por diferencias de un mismo elemento en diferentes dibujos. Tampoco habría diferencias entre los distintos planos de especialidades, ya que todos trabajarían en base a un mismo modelo BIM.

Esto último, se podría lograr sólo con los diseñadores trabajando de manera aislada, ya que los softwares BIM te lo permiten, si a esto se le puede sumar el trabajo colaborativo se podrían lograr más cosas aún.

4.2.3.2. Comparativo de los 4 proyectos

En este acápite se presentará un análisis comparativo de los datos encontrados en los 4 proyectos analizados, los cuales, en su gran mayoría se resumen en la Tabla 23.

El porcentaje del Costo total de adicionales respecto del Presupuesto Contractual de Construcción es mayor para los proyectos tradicionales que los proyectos BIM siendo los resultados: 1.64% para “Albamare”, 1.11% para “Arenzano”, 1.03% para Bellini y 0.69% para “Pisano” (Fig. 19). En promedio el costo total de adicionales representa el 1.38% en los proyectos tradicionales y 0.86% en los proyectos BIM (Fig. 20).

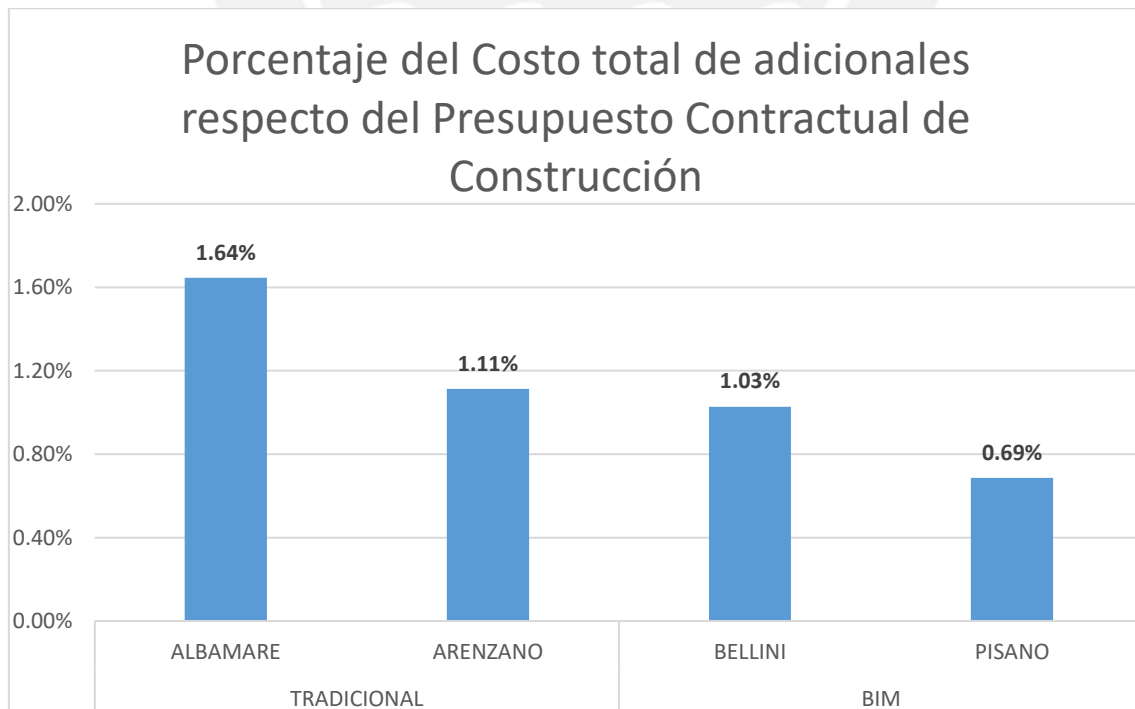


Fig. 19 Porcentaje del Costo total de adicionales respecto del Presupuesto Contractual de Construcción

Fuente: Propia

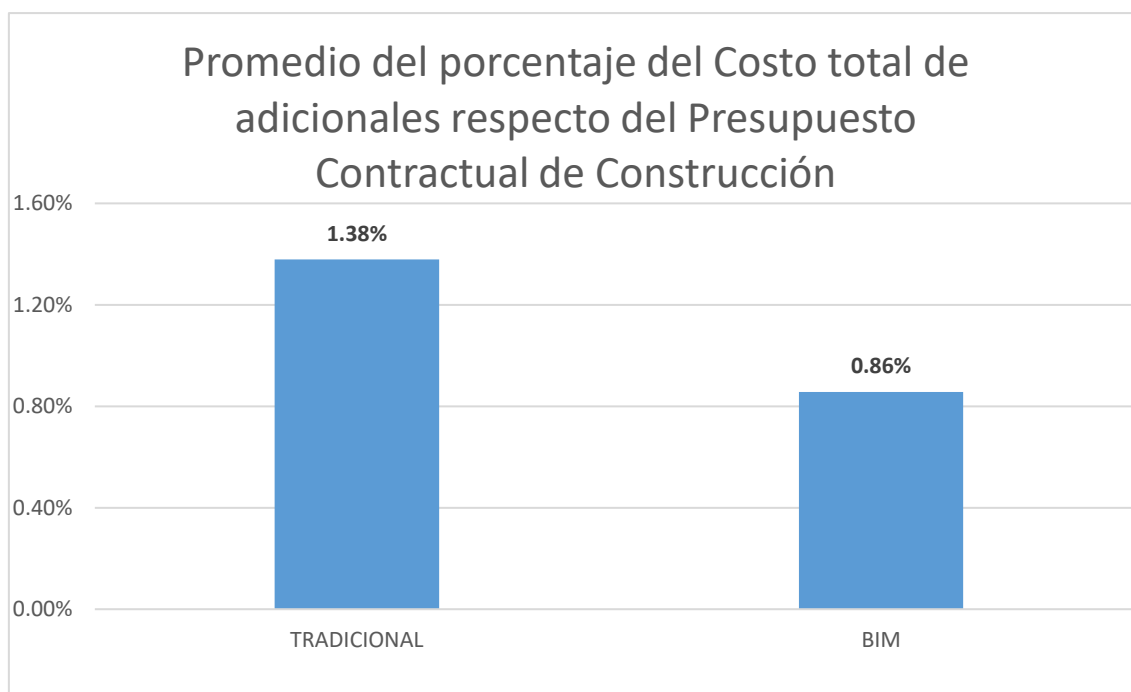


Fig. 20 Porcentaje del Costo total de adicionales respecto del Presupuesto Contractual de Construcción
Fuente: Propia

Pero eso no es todo, para poder tener un resultado más exacto del ahorro o pérdida económica de subcontratar la compatibilización en BIM en la manera descrita es necesario incluir el “Costo de Compatibilización de Planos” que es mayor para los proyectos BIM. Aun así, los resultados fueron favorables para los proyectos BIM.

El porcentaje del costo total por incompatibilidades (Costo de compatibilización + Costo de adicionales) respecto del Presupuesto Contractual de construcción representa el 1.66% para “Albamare”, 1.13% para “Arenzano”, 1.18% para Bellini y 0.91% para “Pizano” (Fig. 21). En promedio el costo total por incompatibilidades representa el 1.39% en los proyectos tradicionales y 1.04% en los proyectos BIM (Fig. 22).

Tabla 23. Resumen de datos de los 4 edificios analizados

	TRADICIONAL		BIM	
	ALBAMARE	ARENZANO	BELLINI	PISANO
Año de ejecución	2012	2014	2016	2015
Área Construida (m2)	3499	3721	4140	2639
Presupuesto Contractual de Construcción (sin IGV)	S/.4,804,475	S/.5,787,902	S/.7,421,102	S/.4,513,792
Costo por m2 (Presupuesto Contractual de Construcción / Área Construida) (sin IGV)	S/.1,373	S/.1,555	S/.1,793	S/.1,710
Costo Total de Adicionales (sin IGV)	S/.79,026	S/.64,405	S/.76,271	S/.30,948
Porcentaje del Costo total de adicionales respecto del Presupuesto Contractual de Construcción	1.64%	1.11%	1.03%	0.69%
Promedio del porcentaje del Costo total de adicionales respecto del Presupuesto Contractual de Construcción	1.38%		0.86%	
Diferencia entre el porcentaje del Costo Total de adicionales de proyectos "tradicionales" y "BIM"	0.52%			
Costo de compatibilización (sin IGV)	S/.729	S/.729	S/.11,000	S/.10,000
Costo total por incompatibilidades (Costo de compatibilización + Costo Total de Adicionales) (sin IGV)	S/.79,755	S/.65,134	S/.87,271	S/.40,948
Porcentaje del Costo total por incompatibilidades respecto del Presupuesto Contractual de Construcción	1.66%	1.13%	1.18%	0.91%
Promedio del porcentaje del Costo total por incompatibilidades respecto del Presupuesto Contractual de Construcción	1.39%		1.04%	
Diferencia entre el porcentaje del Costo Total por incompatibilidades de proyectos "tradicionales" y "BIM"	0.35%			

Fuente: Propia

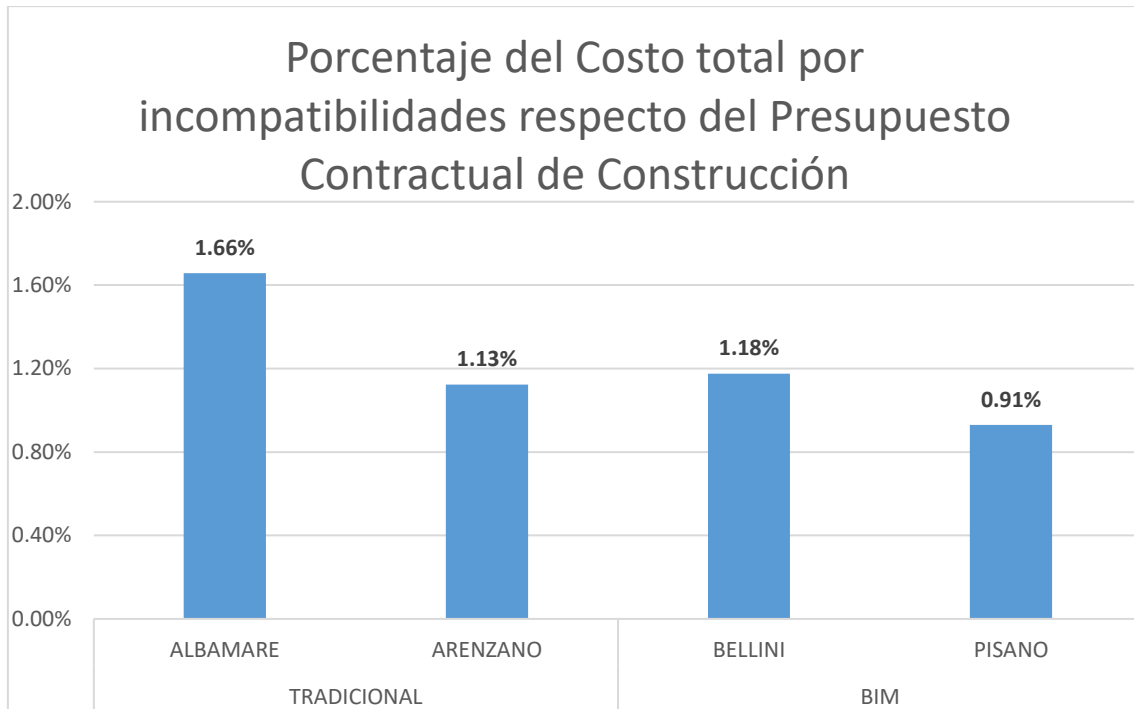


Fig. 21 Porcentaje del Costo total por incompatibilidades respecto del Presupuesto Contractual de Construcción
Fuente: Propia

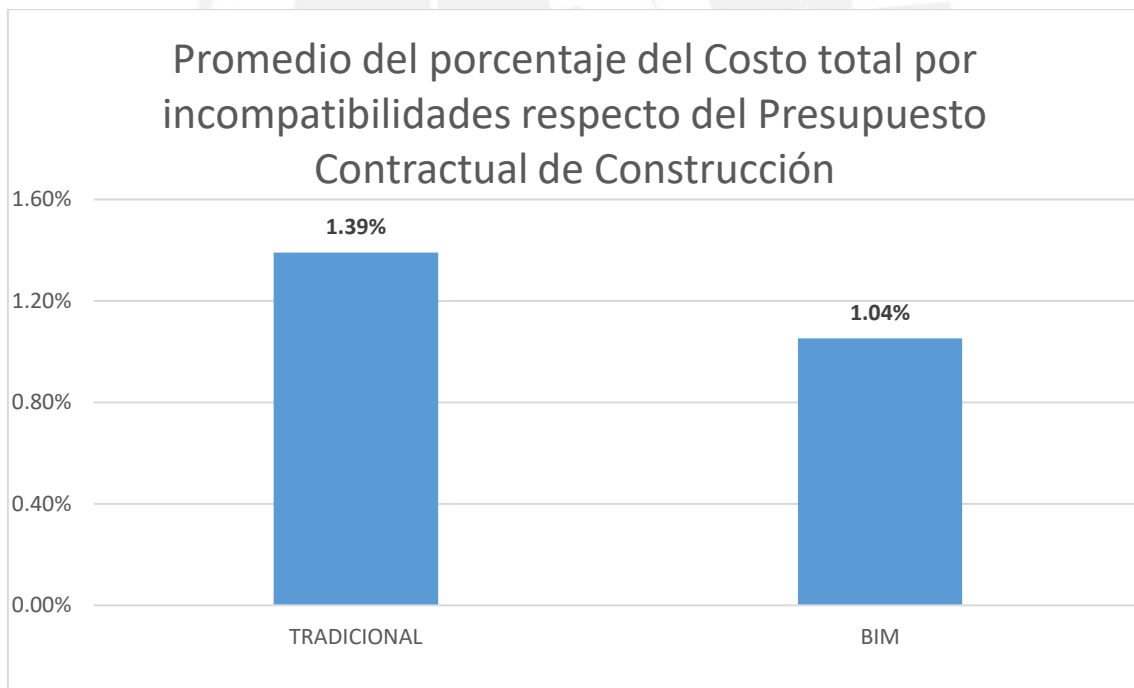


Fig. 22 Promedio del porcentaje del Costo total por incompatibilidades respecto del Presupuesto Contractual de Construcción
Fuente: Propia

Esto representa que en los casos analizados el subcontratar una empresa BIM que compatibilice los planos generó un ahorro promedio de 0.35% del

Presupuesto Contractual de Construcción (Tabla 23). Por lo tanto, si no se hubiera utilizado compatibilización BIM en “Bellini” y “Pisano”, ambas obras hubieran costado aproximadamente S/. 26,056 y S/. 15,848 más respectivamente. Aunque es posible que con el pasar de las obras, las lecciones aprendidas de los proyectos de Valico puedan haber influenciado en parte de esta reducción de gastos, se le puede atribuir su totalidad para este análisis a la compatibilización BIM.

Una de las razones por las que el porcentaje de ahorro fue muy pequeño se debe a que esta solución con BIM (subcontratando a una empresa modeladora BIM únicamente para compatibilizar planos) tuvo poco potencial dentro de los adicionales de obra. Esto se debió a que la mayor cantidad de adicionales en los cuatro proyectos analizados fueron por vicios ocultos, cambios, personalizaciones que los compradores desean para comprar los departamentos, etc.

Por ejemplo, muchos de los adicionales en obra de los proyectos analizados representan casos como:

- Demolición de cimientos de vecinos que invaden terreno.
- Cambios de municipio para conformidad de obra.
- Cambios por decisiones comerciales como reubicación de algunos puntos de sanitarias o eléctricas.
- Cambios por preferencias del cliente que comprará el departamento (personalización).
- Tarrajeo de muros de vecinos.

En ninguno de estos casos la Empresa BIM hubiera podido evitar esos adicionales, ya que no son incompatibilidades de planos.

Como un dato adicional, se obtuvo que tanto para los proyectos tradicionales como para los proyectos BIM, el mayor monto de los adicionales lo tuvieron las especialidades de estructuras y arquitectura, sumando aproximadamente tres cuartos del costo total de adicionales.

Para la Empresa BIM fue todo un desafío absolver las consultas con los especialistas. Una de las razones fue que sus correos incluían una gran cantidad de incompatibilidades a resolver, desde las más leves hasta las más graves. Como los correos necesitaban mucho tiempo por parte de los especialistas para resolverlos, estos se demoraban en responderlos. En el caso de los proyectos tradicionales esto no sucedía, ya que muchas de estas incompatibilidades leves que hacían pesados los correos se descubrían y se resolvían en obra con la experiencia del equipo y nunca se convertían en correos.

Para el caso de Valico, los correos durante obra se responden de manera rápida debido a que Valico trabaja siempre con los mismos 2 o 3 proyectistas de cada especialidad, lo que ha formado un esfuerzo en el servicio durante y después de la etapa de diseño por parte de los proyectistas con la finalidad de generar fidelización. Por tal motivo, los proyectistas responden a una velocidad adecuada a los correos durante la obra, evitando así, inconvenientes por la demora de estos.

4.3. ENTREVISTAS

Para poder entender y ahondar las conclusiones y recomendaciones que pudieran desprenderse del análisis de datos de los proyectos de Valico, para los fines de esta tesis, fue necesario además recolectar información mediante entrevistas a 3 profesionales peruanos que han tenido experiencias con BIM en los últimos años. De los entrevistados se pudo conocer su percepción de lo que significa hoy BIM en el Perú.

4.3.1. Entrevista a gerente de construcción de una inmobiliaria

Resumen de la entrevista realizada al ingeniero Jorge Otiniano, Gerente de Construcción de Proyec Contratistas Generales S.A. (empresa dedicada a la construcción y venta de edificios de vivienda), quien cuenta su experiencia sobre el uso de BIM en sus proyectos.

El ingeniero comentó que para comprometer a los proyectistas con la nueva metodología de trabajo BIM, en sus últimos proyectos se les especificó contractualmente una cantidad mínima de reuniones, que sirven para reunirlos.

Además, recomienda que más allá de una obligación contractual, un proyectista debería utilizar las reuniones de coordinación BIM más como una oportunidad que como una obligación, ya que, cualquier error que alguno de ellos pueda haber cometido en el diseño se va a mostrar en estas reuniones con los modelos BIM. Esto genera una oportunidad de subsanar sus errores antes de que la solución cueste mucho más en la etapa de construcción.

Obligar contractualmente a los proyectistas a asistir a las reuniones no genera un alza en los costos del cliente, ya que, varios de los proyectistas se están alineando a estas nuevas metodologías de innovación y de vanguardia que exige cada vez más el mercado.

En las reuniones cada cambio que se realice debe ser plasmado y firmado en un acta, que asegura el conocimiento y acuerdo de los cambios realizados.

Proyec Contratistas, como parte de la etapa de aprendizaje, está contratando distintas empresas modeladoras BIM para cada proyecto, de esta manera la empresa suma experiencia de las distintas formas de trabajar de cada uno (Otiniano, 2017).

4.3.2. Entrevista a socio principal de un estudio de arquitectura

Resumen de la entrevista realizada al Arquitecto Fredy Miranda, Profesor de la Pontificia Universidad Católica del Perú y Socio Principal de “Miranda Arquitectos S.A.C.”, uno de los estudios de arquitectura más importantes de Lima, quien cuenta su experiencia sobre el uso de BIM en sus proyectos.

El Arq. Fredy Miranda ha desarrollado cuatro proyectos con BIM, de los cuales dos utilizaron BIM desde su concepción y los otros dos se modelaron en 3D después del diseño. Para poder trabajar bajo esta metodología, tuvo que invertir en equipar su oficina con programas BIM (Revit) y equipos más potentes que puedan responder adecuadamente a estos programas, además de capacitaciones para el personal que se iba a encargar de desarrollar los proyectos.

Después de estas experiencias, el Arq. Fredy Miranda se siente, según sus palabras, un poco decepcionado de los resultados, más no del potencial de BIM, que asegura es muy grande y es el futuro.

Luego de las capacitaciones y empezar con la utilización de las herramientas BIM, el arquitecto tiene claro que BIM posee un potencial increíble en la productividad al desarrollar los planos y en las demás necesidades de los arquitectos, además que es más fácil para ellos acomodarse a estos programas 3D porque ellos ya vienen trabajando con programas 3D como SketchUp.

Entonces, sabiendo esto, el arquitecto Fredy Miranda indica que esto fue una decepción proyectualmente porque el proyecto no lo hacen sólo arquitectos. Lo desarrollan ingenieros civiles, eléctricos, sanitarios, etc.

Por ejemplo, una de las malas prácticas que ocurrieron en alguno de esos cuatro proyectos fue que luego de tener el modelo completo (con todas las especialidades) y con ello todas las reuniones correspondientes para la compatibilización de planos con Navisworks, las incompatibilidades detectadas en estas reuniones deberían haber sido registradas por cada especialista para luego realizar sus cambios en el modelo BIM.

El problema sucedió cuando los especialistas (eléctrico, sanitario, etc) no participaban de estas reuniones y contrataban un modelador, que generalmente no era alguien con experiencia en la especialidad que iba a representar. Los modeladores tomaban notas, pero no tenían la experiencia para entender y participar de igual manera de las reuniones de compatibilización.

A veces, el ingeniero de las especialidades participaba de las reuniones, pero luego realizaba sus cambios en AUTOCAD (2D) y en el momento de entrega, entregaba los cambios en AUTOCAD y no en el modelo 3D (Revit). Por eso, él asegura que la inversión no funciona si los especialistas no trabajan en paralelo y en la misma plataforma.

Esto generaba que se realicen muchas más reuniones de las planificadas (por la falta de conocimiento de muchos de los participantes) y que se encuentren en la etapa de construcción muchas de las incompatibilidades resueltas en las reuniones (por haber una mala participación de muchos de los especialistas al realizar sus cambios en 2D y no en el modelo 3D). Este último se plasmaba en muchos correos de RFIs durante la obra, que ocasionaron un gasto de tiempo mucho mayor al que el arquitecto había planificado, por lo tanto, pérdidas económicas. Varios de estos RFIs estaban archivados en actas firmadas durante las reuniones, pero que varios de los especialistas no supieron generar los cambios en el modelo 3D como debían.

El Arq. Fredy Miranda, luego de estas cuatro experiencias, concluye que mientras todos los especialistas no manejen las herramientas BIM (3D) este tipo de proyectos no va a funcionar. No funciona que solo una parte de ellos lo haga y otros no.

El arquitecto cuenta además con una visión hacia el futuro, utilizando como referencia que aproximadamente en el año 1992 empezó la transición del dibujo sobre tablero al CAD, proceso que demoró unos cuatro años. Por lo tanto, el arquitecto está convencido que BIM es el futuro, pero que este proceso de transición demorará mucho más. La principal dificultad de esta demora es que los ingenieros no están acostumbrados a ver los diseños en 3D.

De acuerdo con su experiencia y conocimientos en BIM, Fredy Miranda recomienda que el correcto trabajo es que los especialistas de instalaciones deben diseñar sus elementos en el modelo 3D para que estas no se crucen con los elementos existentes y así sucesivamente. No en un 2D donde no puedes ver nada de lo que hay en el modelo generando interferencias y que luego se lo dan a un modelador para que genere el dibujo 3D (Miranda, 2017).

Esto indica que un adecuado modelamiento es tan importante como una adecuada gestión del cambio.

4.3.3. Entrevista a ingeniero de oficina técnica de una contratista

Resumen de la entrevista realizada al ingeniero Edwin Ñaupac, ingeniero de Oficina Técnica de JE Contratistas Generales S.A. (empresa contratista dedicada a la construcción de edificios de vivienda, oficinas, hoteles, centros comerciales y demás) quien cuenta su experiencia sobre el uso de BIM en uno de sus proyectos.

El ingeniero Edwin Ñaupac tuvo su primera experiencia con BIM en el 2013 en la obra Pacific Tower, donde la empresa Arcadia que se encargaba de la gestión y supervisión del proyecto, realizó el modelo BIM de la obra. Este modelo sirvió

tanto a Arcadia como a la contratista para poder visualizar y resolver rápidamente las incompatibilidades de obra. Sin embargo, esto no duró siempre, los cambios que realizaban los especialistas en los planos 2D tardaban tiempo en actualizarse en el modelo y a veces hasta no se realizaban. Esto generaba un modelo 3D desactualizado.

A los meses de iniciado la obra, cuando el ingeniero Edwin Ñaupac realizaba consultas, el modelo no estaba actualizado y por lo tanto ya no era útil.

La contratista tuvo acceso al modelo 3D, para lo cual, instalaron los programas correspondientes en sus computadoras, pero estas no estaban preparadas para soportar programas de esa magnitud. Además, el personal del contratista no tenía conocimiento de los programas BIM por lo que no les iba a ser útil tenerlos en sus máquinas, al menos por ese tiempo. Como la supervisión manejaba las herramientas BIM utilizaba los modelos 3D en las reuniones con el contratista para visualizar ciertos detalles que podrían ayudar en una programación más a detalle de la obra (Ñaupac, 2017).

Esto indica que por más que haya una inversión en un modelo 3D inicial, si este no es actualizado o la contratista no tiene los conocimientos para usarlo empieza a perder valor y a brindar menos beneficios.

4.3.4. Análisis de entrevistas

Actualmente en el Perú es complicado obtener grandes beneficios de BIM por los desafíos que trae consigo. Una de las razones por la que existe un gran porcentaje de proyectos y profesionales que no estén usando un nivel de implementación avanzada en el Perú es porque hoy BIM no les conviene. La forma como se presenta el proceso y los resultados no están teniendo impacto en el sector construcción.

La experiencia que tuvo el Arq. Miranda con BIM tiene mucha relación con lo descrito respecto al equilibrio de Nash. El arquitecto tuvo la intención de apuntar

al éxito del proyecto poniendo todo de su parte y la de su equipo para desarrollar todos los procesos y entregables en BIM. Sin embargo, como las otras partes involucradas en el proyecto no hicieron lo mismo, el arquitecto terminó perdiendo más que ellos. Este ejemplo es muy parecido a la posición dentro del dilema del prisionero donde un sospechoso confía y el otro no, siendo el que confía el que más pierde.

Esta pérdida se debió a que el arquitecto invirtió una cantidad importante en BIM con el fin de recuperar esta inversión en los beneficios que BIM trae consigo. Durante el proyecto, al plasmarse los problemas de que no todos los involucrados participaron adecuadamente con BIM, el arquitecto no pudo recuperar su inversión. Sin embargo, los otros involucrados que no habían invertido tanto en BIM, no tenían mucho que recuperar. De esta manera los más perjudicados fueron los que más apuntaron al “bien común” del proyecto.

Luego de esto, es muy probable que el arquitecto tome más precauciones en sus próximos proyectos y todos terminen en la posición al cual John Nash llama “punto de equilibrio de Nash”, donde todos toman sus propias precauciones y velan por sus intereses personales, siendo esta, la mejor decisión individual que pueden tomar.

Esto representa un gran desafío para BIM, que será una de las tantas razones por la que BIM tarda y seguirá tardando en implementarse a un nivel importante en el Perú.

En el caso de la entrevista al Ing. Edwin Ñaupac se aprecia cómo la única experiencia que tuvo con BIM no representó un atractivo para involucrarse más en los softwares y metodologías BIM. Esta experiencia no le da un incentivo suficiente para que él desee hacer más por conocer de las herramientas y metodologías.

Este caso debe ser muy parecido con otros profesionales debido a que hoy BIM no demuestra en el mercado peruano el atractivo o incentivo suficiente para que

los participantes apuesten por ello, y así, fueran cada vez más involucrados que sumen y aceleren el proceso de implementación BIM en el país.



CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS

- La poca cantidad de profesionales con conocimientos de BIM es una de las principales razones que dificulta el poder desarrollar un buen proyecto BIM con todo lo beneficioso que debe ser para todos los interesados (stakeholders). Esto se pudo corroborar en lo difícil que fue conseguir información de proyectos BIM. Muy pocos profesionales del sector construcción han sido partícipes de este tipo de proyectos en el Perú. Mientras más desconocimiento haya entre los interesados, menores serán los beneficios y en muchos casos los resultados serán negativos.
- De todos los profesionales partícipes en la etapa de diseño, quienes presentan mayor predisposición a diseñar en 3D son los arquitectos, pero los ingenieros de estructuras e instalaciones no acompañan como deberían, ya que, estos últimos están acostumbrados al 2D.
- La Inmobiliaria en estudio generó un ahorro promedio de 0.35% del Presupuesto Contractual de Construcción al subcontratar una empresa que compatibilice los planos con BIM, sin asumir riesgos (por un monto fijo y bajo). Además de que la organización va conociendo más de esta metodología que será más usada y exigida en los proyectos.
- El pequeño ahorro cuantificado en esta tesis de aproximadamente 0.35% de Presupuesto contractual se vuelve casi indiferente para el inversionista por lo pequeño y variable que puede ser el monto. Por ello, Valico está desarrollando nuevamente un edificio de la manera tradicional.
- El servicio de compatibilización de planos con BIM tiene poco potencial de ahorro para casos como el de Valico, donde la mayor parte de los adicionales de sus proyectos son por vicios ocultos, cambios, personalizaciones que los

compradores desean y demás causas de adicionales que no son incompatibilidades de planos.

- Después de escuchar a varios profesionales que participan en proyectos BIM, más el entendimiento de que es lo que necesita BIM para poder realizarse con éxito, se concluye que hoy se está desarrollando un incipiente BIM en el Perú, donde hay evidencia de cierto descontento por los resultados que se están generando. El descontento está apañando los incentivos que puedan tener muchos profesionales para capacitarse y usar BIM. Sin embargo, también hay mucho optimismo de lo que podrá hacer BIM en el futuro, cuando pase los años necesarios de transición del CAD a las metodologías que envuelven los modelos 3D y más profesionales conozcan del tema.
- Uno de los desafíos de BIM es el punto de equilibrio de Nash para proyectos colaborativos, donde muchos de los involucrados de un proyecto de este tipo optarán por la mejor decisión individual imposibilitando desarrollar un proyecto colaborativo de manera óptima. Esto se puede reforzar luego de experiencias como la que paso el arquitecto Fredy Miranda descrita anteriormente.
- Lo más probable es que en unos años desde el Estado se empiece a generar la normativa necesaria para en algunos años exigir procesos BIM en el desarrollo de proyectos de construcción como sucede en Inglaterra, Chile y muchos países más. Es importante estar al tanto de estas normativas, ya que lo más probable es que BIM llegue a ser necesario para no perder obras.
- Uno de los entregables del modelador BIM es el modelo en Revit y Navisworks que puede ser utilizado de muchas maneras más por la gerencia de proyectos. Se invita a los encargados de la gerencia de proyectos o al cliente a que puedan encontrar la mejor manera de utilizar esos modelos 3D en las fases siguientes para generar mayores beneficios, teniendo en cuenta el desconocimiento que hoy existe en muchos de los contratistas sobre metodologías y herramientas BIM.

- Se recomienda a las empresas a contratar personal joven que son los que han estudiado junto a estas nuevas metodologías BIM. Los nuevos profesionales pertenecen a una nueva generación que crece junto con las herramientas tecnológicas muy importantes en los proyectos de este tipo. Parte del éxito de los proyectos BIM depende de cómo gestionar la información con todos los interesados, lo cual se realiza con herramientas tecnológicas.
- Se recomienda a las empresas que brindan los servicios de compatibilización con BIM que depuren con experiencia y cautela muchas de las incompatibilidades leves y otras tantas moderadas, de manera que vuelvan mucho más liviano los correos a los proyectistas y luego estos no se demoren mucho en contestarlos.
- Debido al poco éxito que está teniendo el modelo de negocio de brindar el servicio de compatibilizar planos en BIM, se recomienda a estas empresas que revisen y mejoren su propuesta de valor; de esta manera, podrán generar nuevas ideas y/o servicios que den rentabilidad tanto a ellas como a las empresas a las que lo brindan.
- La subcontratación de servicios de compatibilización con BIM genera solo una pequeña parte de los beneficios de BIM. Para obtener mayores beneficios de BIM es necesario crear un modelo desde la etapa de diseño con protocolos adecuados y que pueda ser utilizado sin inconvenientes en las etapas de construcción y operación.
- Coincido con uno de los entrevistados en cuanto que un cambio definitivo hacia BIM no se va a concretar hasta que todos los especialistas, y no solamente los arquitectos, se involucren y comprometan en el manejo y en la cultura no sólo de la herramienta (BIM), sino también de los conceptos que engloban estos modelos virtuales como VDC y/o IPD.

- Hay un desenfoco con BIM. Muchos vieron el modelo 3D por primera vez y se enamoraron de la solución (de BIM) y perdieron el verdadero enfoque que es el problema. Se recomienda a las personas a enamorarse del problema y luego buscar soluciones a ese problema, que no necesariamente tiene que ser BIM. Este cambio de mentalidad les permitirá ser más flexibles para cambiar y modificar las posibles soluciones hasta encontrar la adecuada para el problema, y de esta manera, no encerrarse en una única solución que los puede llevar a perder mucho tiempo y dinero.



BIBLIOGRAFÍA

AIA, California Council (2007) *Integrated Project Delivery - A Working Definition*. Available at <http://aiacc.org/wp-content/uploads/2010/07/A-Working-Definition-V2-final.pdf>

Amable, M. (2016). *John Nash nos enseña porque un IPD es tan difícil*.

American Institute of Architects, (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*. [online] Available at: <http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab083423.pdf> [Accessed 11 Apr. 2017].

American Institute of Architects (2010). *Integrated Project Delivery, For Public and Private Owners*. Available at <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab085586.pdf>

Azhar, S., Sattineni, A., and Hein, M. (2010). "BIM undergraduate capstone thesis: Student perceptions and lessons learned." Proc., 46th ASC Annual Int. Conf., Associated Schools of Construction, Windsor, CO.

Banco Central de Reserva del Perú, (2017a). *Producto bruto interno por sectores productivos (millones S/ 2007) - Construcción*. [online] Available at: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/consulta/grafico> [Accessed 11 Apr. 2017].

Banco Central de Reserva del Perú, (2017b). *Producto bruto interno por sectores productivos (variaciones porcentuales reales) - Construcción*. [online] Available at: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM04979AA/html/2000/2016/> [Accessed 11 Apr. 2017].

Banco Central de Reserva del Perú, (2017c). *Producto bruto interno por sectores productivos (variaciones porcentuales reales) - Construcción*. [online] Available at: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/consulta/grafico> [Accessed 11 Apr. 2017].

Bazjanac, V. (2004). "Virtual building environments (VBE)—Applying information modeling to buildings." < <http://escholarship.org/uc/item/0wp0n585> >

BIM-Chile. (2016). *Presidenta anuncia uso oficial de BIM en Chile | BIM-Chile*. [online] Available at: <http://bim-chile.com/presidenta-anuncia-uso-oficial-bim-chile/> [Accessed 14 Nov. 2016].

BRE Group (2016). *Level 2 Requirements*. [online] Available at: <http://www.bre.co.uk/page.jsp?id=3447> [Accessed 11 Apr. 2017].

Calcagno, F. (2015). *IMPLEMENTACION BIM - REVIT "Quizás el mejor video que hayas visto" BIM, BAM, BOOM! - Bim Mandate*. [video] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=Qq5roscGnxc> [Accessed 20 Mar. 2017].

Calcagno, F. (2016). *Protocolos BIM (Enero-2017) - Fases de Proyecto y Construcción - Bim Mandate*. [video] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=fzVkVcSu5qw> [Accessed 21 Mar. 2017].

Comité BIM (2014). *Objetivos*. [online] Available at: <http://www.comitebimdelperu.com/2014/objetivos.html> [Accessed 18 Nov. 2016].

CORFO, (2016). *Plan para la modernización de la construcción. Programa estratégico nacional: Productividad y Construcción Sustentable – CORFO*. Chile

Das, T. K., & Teng, B. S. (2001). *A Risk Perception Model of Alliance Structuring*. *Journal of International Management*, 7, 1–29. [http://dx.doi.org/10.1016/S1075-4253\(00\)00037-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1075-4253(00)00037-5)

Delgado, C. (2014). *BIM, la experiencia peruana*.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, Wiley, New York.

Eastman, C., Sacks, R., Teicholz, P. and Liston, K. (2013). *Bim handbook*. 1st ed. Hoboken, N.J.: Wiley.

ENR (2011). "*United They Build*" *Engineering News Record*, 19 de septiembre, 2011, McGraw Hill Construction.

Ferguson, C. (2011). *BIM, BAM, BOOM*. VIA University College.

Fowler, P. (2014). *Building Information Modeling: What is B.I.M.?*. [Blog] Pete Fowler Construction Services, Inc.. Available at: <http://www.petefowler.com/blog/2014/03/26/building-information-modeling> [Accessed 3 Apr. 2017].

innovacion.cl. (2016). *Importante acuerdo entre Chile y Reino Unido profundiza uso de tecnología BIM en la construcción*. [online] Available at: <http://www.innovacion.cl/2016/05/importante-acuerdo-entre-chile-y-reino-unido-profundiza-uso-de-tecnologia-bim-en-la-construccion/> [Accessed 15 Nov. 2016].

Kumar, B. (2015). *A Practical Guide to Adopting BIM in Construction Projects*. Dunbeath: Whittles Publishing.

Kumar, C. R., Sudha, K. R., & Pushpalatha, D. V. (2016). *Design of Prisoner's dilemma based fuzzy logic computed torque controller with Lyapunov synthesis linguistic model for PUMA-560 robot manipulator*. *Journal Of Intelligent & Fuzzy System*, 31(1), 345-355. doi:10.3233/IFS-162147

Kunz, J. (2013). *Integrated Concurrent Engineering*.

Kunz, J. and Fischer, M. (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.

Lee, N., Dossick, C. S., & Foley, S. P. (2013). *Guideline for Building Information Modeling in Construction Engineering and Management Education*. Journal Of Professional Issues In Engineering Education & Practice, 139(4), 266-274. doi:10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000163

MacLeamy, P. (2010). *The Future of the Building Industry (5/5): BIM, BAM, BOOM!*. [video] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=5lgdcCemevl> [Accessed 20 Mar. 2017].

McGraw-Hill Construction (2012). *The Business Value of BIM*, McGraw Hill SmartMarket Report.

Miranda, F. (10 de febrero de 2017). Entrevista a Fredy Miranda. (C. Millasaky, Entrevistador)

Morriscal, K. (2014). *Is BIM Increasing your ROI? Here are 4 ways to help you find out*. [online] Available at: <https://www.autodesk.com/redshift/is-bim-increasing-your-roi/> [Accessed 18 Mar. 2018].

Ñaupac, E. (14 de febrero de 2017). Entrevista a Edwin Ñaupac. (C. Millasaky, Entrevistador)

Otiniano, J. (31 de enero de 2017). Entrevista a Jorge Otiniano. (C. Millasaky, Entrevistador)

Otiniano, J. (2016). *IMPLEMENTACION DE BIM-VDC EN PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROYECTOS*.

Peterson, F., Hartmann, T., Fruchter, R., and Fischer, M. (2011). *“Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned.”* *Automat. Constr.*, 20(2), 115–125.

Pila, Y. (2016). *Integrated Project Delivery (IPD): Un marco integrador de ejecución de proyectos.* *CIV*, 8°, pp.42-43.

Prisma Ingeniería (2016). *Proyectos BIM con G y M y otras empresas.* [online] Available at: <http://prismaing.com/noticias/proyectos-bim-con-g-ym-y-otras-empresas/> [Accessed 18 Nov. 2016].

PR, N. (2014). *VIATechnik Joins Stanford's Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE).* *PR Newswire*, PR Newswire

Qian, A (2012) *Benefits and ROI of BIM for multi-disciplinary project management*, National University of Singapore, Singapore.

Rischmoller,, L. (2015). *Diseño y Construcción Virtual. Constructivo.* [online] Available at: http://constructivo.com/cn/suscriptor/pdfart/151221102643_VDC.pdf [Accessed 22 Mar. 2017].

Rodriguez, J. (2011). *Building Information Modeling (BIM) Benefits*, Retrieved January 23, 2012, from About.com Construction: <http://construction.about.com/od/Technology/a/Building-Information-ModelingBenefits.htm>

Salinas, J. (2015). *Propuesta de metodología para la implementación de la tecnología Bim en la empresa constructora e inmobiliaria “IJ Proyecta”.* Magíster. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Salinas, J. & Ulloa, K. (2014). *Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios.* Sinergia e Innovación. Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, [online] 2(1), pp.229-255. Available at:

<http://revistas.upc.edu.pe/index.php/sinergia/article/view/212/266> [Accessed 17 Nov. 2016].

Sewalk, S., Mohr, D., Fitzgerald, P., & Mark Taylor, J. (2016). *Corrected Copy: Integrated Project Delivery*. Franklin Business & Law Journal, 2016(1), 30-44.

Smith, P. (2014). *BIM & the 5D Project Cost Manager*. Procedia Social And Behavioral Sciences, 119(1), 475.

The Infrastructure and Projects Authority, (2016). *Government Construction Strategy 2016-20*. [online] Available at: https://policy.ciob.org/wp-content/uploads/2016/03/Government_Construction_Strategy_2016-20.pdf [Accessed 11 Apr. 2017].

Universidad de Chile, (2016). *Encuesta Nacional BIM 2016*. [online] Santiago de Chile. Available at: http://bim.uchilefau.cl/doc/Encuesta_Nacional_BIM_2016.pdf [Accessed 8 Nov. 2016].

VIÑAS, V. (2015). *BIM, para asegurar el costo contractual de obra y su implementación en un proyecto multifamiliar*. Magíster. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Walker, P. (2017). *BIM 360 – New 2D Map Feature for Intuitive Location Navigation*. [online] Beyond Design, Available at: <http://beyonddesign.typepad.com/posts/bim-360-glue/page/2/> [Accessed 15 Mar. 2017].